



รายงานวิจัย

การดูดซับสีย้อมด้วยกากชา

Adsorptive Removal of Textile Dye by Spent Tea Leaves

โดย

นิสาพร มุหะมัด

สมภาพ เกาทอง

อุบล ต้นสม

ปิยศิริ สุนทรนนท์

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2559

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย	การดูดซับสีย้อมด้วยกากชา
ชื่อคณะวิจัย	นิสาพร มุหะมัด สมภพ เกาทอง อุบล ตันสม ปิยศิริ สุนทรนนท์
คณะ/หน่วยงาน	วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย	ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูของกากชาที่เหลือใช้ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ คือ ปริมาณกากชาที่เหมาะสม (0.1-1.6 g) ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสีย้อม (6.5-65 mg/L) ความเป็นกรดเบสของสีย้อม (pH 3-11) และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับ (25-95 °C) โดยการตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงของสีเมทิลีนบลูด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปี ที่ความยาวคลื่น 667 nm พร้อมทั้ง ศึกษาสภาพพื้นผิวก่อนและหลังการดูดซับสีย้อมของกากชาโดย SEM ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูความเข้มข้น 13 mg/L ด้วยกากชาปริมาณ 0.1 g มีค่าประมาณ 12.70 mg/g ที่ pH 8 และกากชาสามารถดูดซับสีย้อมได้ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70 °C โดยมีค่าการดูดซับประมาณ 12.60 mg/g

Research Title Adsorptive Removal of Textile Dye by Spent Tea Leaves
Researchers Nisaporn Muhamad
 Somphop Paothong
 Ubol Tansom
 Piyasiri Soontornnon
Faculty/Section Science Technology and Agriculture
University Yala Rajabhat University
Year 2559

Abstract

The aim of this research was to study the adsorption capacity of methylene blue dye in aqueous solution by using spent tea leaves as an adsorbent material. The optimum conditions for the dye adsorption was investigated including adsorbent dose (0.1-1.6 g), equilibrium studies of different initial concentrations (6.5-65 mg/L), an acid-base of a solution (pH 3-11) and effect of temperatures (25-95 °C), The absorbance of the methylene blue solution was measured by ultraviolet-visible spectrophotometry. In addition to SEM micrographs studies showed that the spent tea leaves before and after dye adsorption. From the results, it was found that the adsorption capacity of this dye using the spent tea leaves was 12.70 mg/g at pH 8.0 with 0.1 g of adsorbent dosage.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.สมภพ เกาทอง อาจารย์อุบล ต้นสม และอาจารย์ปิยศิริ สุนทรนนท์ ผู้ร่วมวิจัย ที่กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ เสียสละเวลาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ คุณสุนีย์ แวมะ นักวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ที่ช่วยอำนวยความสะดวก อนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณกำลังใจอันยิ่งใหญ่ของคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่มีได้กล่าวนามซึ่งเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิจัยตลอดมาจนสำเร็จ

ดร.นิสาพร มุหะมัด

ผู้วิจัยและคณะ



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สีย้อม	3
2.2 กระบวนการกำจัดสีย้อม	9
2.3 ตัวดูดซับ	10
2.4 กลไกการดูดซับ	11
2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ	12
2.6 สมดุลการดูดซับ	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.8 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	20
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	20
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีย้อม	24
4.2 ผลการศึกษาปริมาณกักขังต่อการดูดซับสีย้อม	24
4.3 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	25

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.4 ผลการศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)	28
4.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ	31
4.6 ผลการศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)	34
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีส้ม	35
5.2 ผลการศึกษาปริมาณกากชาต่อการดูดซับสีส้ม	35
5.3 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ	35
5.4 ผลการศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)	36
5.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ	37
5.6 ผลการศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)	37
5.7 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ประวัติคณะผู้วิจัย	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาในปริมาณต่างๆ	25
4.2	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
4.3	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่สภาวะสมดุล	27
4.4	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ pH ต่างๆ	29
4.5	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ pH ต่างๆ ที่สภาวะสมดุล	30
4.6	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ	32
4.7	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล	33

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของสีแอสิต	4
2.2	โครงสร้างทางเคมีของสีคองโกเรด ซึ่งเป็นสีไดเร็กต์สังเคราะห์ตัวแรก	5
2.3	โครงสร้างทางเคมีของสีเบสิกเรด 46	5
2.4	โครงสร้างทางเคมีของสีดิสเพอร์ส ประเภทโมโนแอโซ	6
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอกทีฟ แบลค 5	6
2.6	โครงสร้างทางเคมีของสีอะโซอิก	7
2.7	โครงสร้างทางเคมีของสีอินดิโก	7
2.8	โครงสร้างทางเคมีของสีมอดนัทเรด 11	7
2.9	โครงสร้างทางเคมีของสี Alcain yellow	8
2.10	โครงสร้างทางเคมีของสีออกซิเดชั่น	8
2.11	โครงสร้างทางเคมีของสี sulfur black 1	8
2.12	ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบพื้นฐาน	14
2.13	ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบเชิงเส้นของฟรุนดิช	15
2.14	ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบไม่เชิงเส้นของฟรุนดิช	15
2.15	ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบไม่เชิงเส้นของแลงเมียร์	16
2.16	ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบเชิงเส้นของแลงเมียร์	17
4.1	เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาในปริมาณต่างๆ	25
4.2	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
4.3	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่สภาวะสมดุล	28
4.4	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ pH ต่างๆ	29
4.5	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ pH ต่างๆ ที่สภาวะสมดุล	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับ สีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ	32
4.7	ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อม ความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล	34
4.8	รูปร่างพื้นผิวของกากชาที่ผ่านการวิเคราะห์ SEM โดยที่ (ก) กากชาก่อนการดูดซับ (ข) กากชาที่ผ่านการดูดซับสีย้อม	34



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการเจริญเติบโตทางอุตสาหกรรม นับทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูง ทำให้มีการพัฒนาทั้งทางด้านกระบวนการผลิตและการแข่งขันที่สูงขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องใช้ร่วมกับวัตถุดิบในทุกขั้นตอนการผลิต นอกจากอุตสาหกรรมสิ่งทอแล้วยังมีอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้สีย้อมในกระบวนการผลิต ได้แก่ อุตสาหกรรมฟอก ย้อมผ้า สิ่งพิมพ์ การถ่ายภาพ อุตสาหกรรมพลาสติกและอื่นๆ (Rajaguru *et al.*, 2000) ส่งผลให้การใช้สีย้อมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นและสีย้อมเหล่านี้อาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้ (Zoolinger, 1987)

จากคุณสมบัติของสีย้อมสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ทำให้สีเหล่านี้มีความคงตัวสูง ทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ทำให้น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานการผลิตสีย้อมไม่สามารถที่จะกำจัดออกได้ โดยวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป (Pagga & Brown, 1986) โดยเฉพาะสีกลุ่มอะโซ (Azo dye) เป็นสีที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่มีหมู่อะโซ (-N=N-) 1 หมู่หรือมากกว่า 1 หมู่ในโครงสร้าง เช่น สีเมทิลเรด (Methyl red) สีอะโซเป็นสีที่มีการสังเคราะห์มาใช้ทางการค้ามากที่สุดกลุ่มหนึ่ง และเป็นสีที่นิยมใช้ มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสีย้อมชนิดต่างๆ ถึง 60-70 % ของสีทั้งหมด (Shaul *et al.*, 1991 ; Chen, 2002) โดยทั่วไป สีย้อมเป็นสารที่จัดได้ว่ามีความเป็นพิษต่ำ โดยไม่พบว่ามีอัตราการตายหรือเจ็บป่วยของผู้ที่ทำงาน ในโรงงานฟอกย้อมสูงกว่าบุคคลอาชีพอื่นแต่อย่างใด (กัญชรีย์, 2547) ดังนั้น กระบวนการกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation) กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา (Biological Treatment) และการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

จากงานวิจัยของ สรวาฐ ศรีคุณ (2550) ทำการศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วย ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน โดยที่ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน สามารถดูดซับสีเบสิกกรีน 4 (Basic Green 4) ได้มากกว่าสีแอซิดบลู 113 (Acid Blue 113) และสีไดเรกต์บลู 80 (Direct Blue 80) พบว่า ไอโซเทอมการดูดซับสีเบสิกกรีน 4 และไอออนโลหะตะกั่ว (Pb^{2+}) สอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์และจากงานวิจัยของ George Z. Kyzas (2012) ได้ทำการศึกษาการดูดซับสีย้อมจาก

โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยสิ่งเหลือใช้ คือ กากกาแฟ (Greek coffee) พบว่า กากกาแฟที่ใช้ในการศึกษามีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีที่อุณหภูมิ 25 °C ในสถานะเป็นกรด (pH 2)

ชาเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับการบ่มและตากแห้งเพื่อนำไปใช้ประโยชน์โดยมีการบริโภคจากประชาชนทั่วทุกมุมโลกและถือเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับสองของโลกเป็นรองเพียงน้ำเปล่าเท่านั้น มีการประมาณว่าการบริโภคน้ำชาสูงถึง 18-20 ล้านถ้วยต่อวัน ชากระป๋องและชาขวดตลอดจนชาพร้อมดื่มถูกผลิตขึ้นในปริมาณมหาศาลโดยผ่านน้ำร้อนเพื่อการสกัดน้ำชาออกจากใบชา ซึ่งทำให้ผู้ผลิตต้องเผชิญกับปัญหาในการกำจัดหรือทิ้งกากชาที่ผ่านการสกัด การใช้ประโยชน์จากกากชาดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง (B. H. Hameed, 2009) เนื่องจากในจังหวัดยะลาได้มีการบริโภคชาเป็นจำนวนมากและสามารถหาได้ง่าย นอกจากเป็นการประยุกต์ผลผลิตที่เหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแล้ว ยังเป็นการลดการใช้สารเคมีในการกำจัดสีย้อมอีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจการกำจัดสีย้อมโดยการใช้กากชาที่เหลือใช้เหล่านี้เพื่อเป็นการนำไปใช้ประโยชน์และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูแหล่งน้ำใกล้บริเวณโรงงานสิ่งทอต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับสีย้อมจากกากชา ที่สภาวะการทดลองต่างๆ เช่น ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวดูดซับ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณของการดูดซับ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมจากกากชาที่เหลือใช้ใน อ.เมือง จ.ยะลา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้ง มาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม
- 1.4.2 สามารถต่อยอดงานวิจัยเพื่อพัฒนาการกำจัดสีย้อมโดยใช้ตัวดูดซับหรือสิ่งที่เหลือใช้จากธรรมชาติ
- 1.4.3. พัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูแหล่งน้ำใกล้บริเวณโรงงานสิ่งทอต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สีย้อม

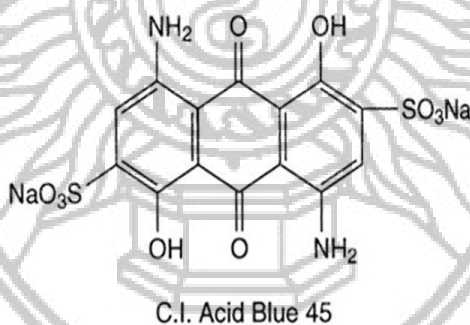
เป็นสารเคมีที่สกัดจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหิน เมื่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือถ่านหินผ่านการสกัดจะได้สารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว เช่น เบนซิน ไซลีน แอนทราซีน โทลูอิน แนพทาลิน และพาราฟิน ซึ่งสารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ จะถูกเปลี่ยนเป็นสีย้อมด้วยเทคนิคต่างๆ ซึ่งสีย้อมที่ผลิตขึ้นมา มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับเส้นใย และกระบวนการย้อมที่มีลักษณะแตกต่างกันไป การที่จะนำสีย้อมใดๆ มาย้อมให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีกับเส้นใย ซึ่งต้องมีอำนาจมากกว่าน้ำ จะสามารถทำให้เกิดสถานะเช่นนี้ขึ้นได้เมื่อโมเลกุลของสีย้อม มีหมู่อะตอมซึ่งถูกจัดให้เรียงตัวกัน ในลักษณะที่จะทำให้เกิดการดูดติดเส้นใยได้เอง (Substantivity) กับเส้นใยแล้วเกิดพันธะ (Bond) ยึดกันแน่น สำหรับแรงยึดติดทางเคมีที่จะให้การยึดติดที่ดีที่สุด ได้แก่ พันธะโคเวเลนต์ การเกิดสีของสีย้อม ปრაกฏออกมาทำให้ตามนุษย์ปกติมองเห็นได้เกิดจากการเรียงตัวของกลุ่มอะตอม ประเภทหนึ่งภายในโมเลกุลของสีย้อม กลุ่มอะตอมที่กล่าวนี้เรียกกันว่า “โครโมฟอร์” ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 7 กลุ่ม คือ กลุ่มไนโตรโซ (Nitroso Group) กลุ่มไนโตร (Nitro Group) กลุ่มอะโซ (Azo Group) กลุ่มเอทิลีน (Ethylene Group) กลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl Group) กลุ่มคาร์บอนิล-ไนโตรเจน (Carbonyl-Nitrogen Group) กลุ่มซัลเฟอร์ (Sulphur Group) กลุ่มอะตอมต่างๆ เหล่านี้จะเป็นตัวเพิ่มสีให้แก่สารประกอบอะโรมาติก โดยการดูดกลืนแถบสีขาวยาวบางแถบแสงและปล่อยออกมาบางแถบแสง ทำให้มนุษย์มองเห็นสีย้อมมีโทนสีแตกต่างกันไป

ความเป็นพิษของสีย้อมและมลพิษของสีย้อมโดยทั่วไป สีย้อมเป็นสารที่จัดได้ว่ามีความเป็นพิษต่ำ โดยไม่พบว่ามีอัตราการตาย หรือเจ็บป่วยของผู้ที่ทำงานในโรงงานฟอกย้อมสูงกว่าบุคคลอาชีพอื่นแต่อย่างใด สีย้อมอาจเข้าสู่ร่างกายของผู้ใช้ได้ 3 ทางคือทางจุ่มโดยการสูดดม ทางผิวหนังโดยการสัมผัส และทางระบบทางเดินอาหาร โดยปนเข้าไปกับอาหารการกิน แต่ก็เป็นที่ทราบกันดีว่าสารวัตถุพิษที่ใช้ในการสังเคราะห์ สีย้อมมีจำนวนไม่น้อยที่มีความเป็นพิษสูงมาก และมีหลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น 2-naphthylamine และ benzidine ผลกระทบของสีย้อมต่อสิ่งแวดล้อม หรือสมบัติด้านมลพิษของสีย้อมนั้น พบว่าสีย้อมเป็นสารที่ยากต่อการสลายตัวทางชีวภาพ แต่ความเป็นพิษต่อปลาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญของสีย้อมในน้ำทิ้ง ปัจจุบันมีได้อยู่ที่ความเป็นพิษของสีย้อม แต่อยู่ที่สีของน้ำทิ้ง เนื่องจาก สีย้อมเป็นสารที่มีสีเข้ม

ดังนั้น แม้มีสียอยู่ในน้ำเพียงปริมาณเล็กน้อย ก็สามารถทำให้น้ำมีสีเป็นที่ รั้งเกยของผู้พบเห็นได้ จึงต้องมีการ กำจัดสีของน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม

การจำแนกสีย้อมที่นิยมกันมากที่สุด คือ การจำแนกสีย้อมตามการนำไปใช้ เพราะจะต้องมีความ คงทนการซัก มีความคงทนต่อแสงและยังต้องมีความคงทนต่อความร้อน โดยที่สีย้อมแต่ละประเภทจะมีสูตร โครงสร้างทางเคมี สมบัติของสีย้อม ตลอดจนวิธีใช้ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้สีย้อมจึงมีความสำคัญ อย่างมากในการย้อมสี เพราะวัตถุประสงค์ที่ต้องการย้อมอาจสามารถย้อมด้วยสีย้อมเพียงชนิดเดียวหรือย้อมด้วยสีย้อมหลายชนิดที่ต่างชนิดกันได้ ซึ่งในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกสีย้อมตามวิธีใช้ ออกเป็น 11 ประเภท คือ

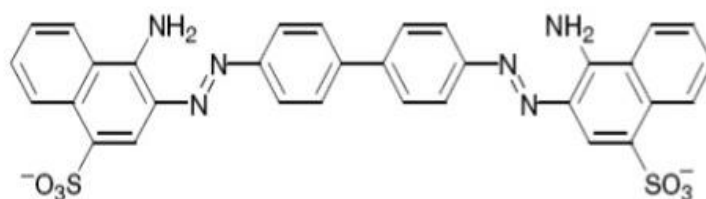
1) สีย้อมกรด (Acid dye) สีย้อมชนิดนี้เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ มีประจุลบ ละลายน้ำได้ดี ส่วน ใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน กลไกในการติดสีเกิดเป็นพันธะไอออนิก ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนในน้ำย้อมที่มี สภาพเป็นกรดเจือจาง สีย้อมชนิดบางตัวสามารถนำไปย้อมเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ เช่น ปอ ป่าน ไนลอน โยขน แกะ ไหมและอะคริลิกได้ดี วิธีการใช้จะนำสีย้อมที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ไปละลายน้ำย้อมที่เป็นกรดหรือ เป็นกลาง สีย้อมไม่ทนการซักไม่ทนเหงื่อ



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมกรด

(ที่มา <http://www.dharmatrading.com/home/did-you-know-how-acid-dye-works.html>)

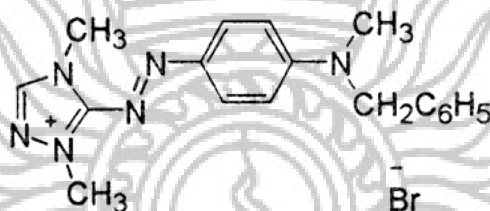
2) สีย้อมตรง (Direct dye) หรืออาจเรียกว่าสีย้อมฝ้าย สีย้อมชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็น สารประกอบอะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ดี มีประจุลบ นิยม ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดยโมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลเส้นใยและยึด จับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน สีไม่ทนต่อการซักน้ำ ตกง่าย ทนแสง



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสีคองโกเรด ซึ่งเป็นสีไดเร็กต์สังเคราะห์ตัวแรก

(ที่มา www.slideshare.net)

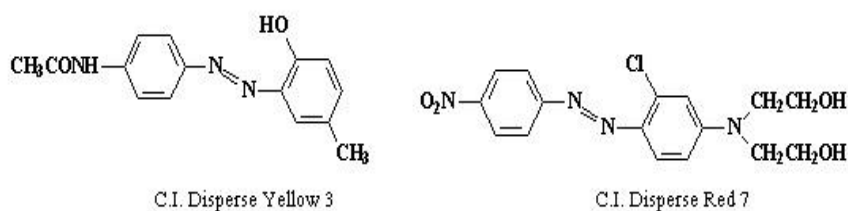
3) สีเบสิก (Basic cationic dye) สีย้อมชนิดนี้เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ (Organic base) ให้ประจุลบ ละลายน้ำได้ดี นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและใยอะคริลิกได้ดี ในขณะที่ย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุลบจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทน ไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของสีเบสิกเรด 46

(ที่มา <http://www.pburch.net/dyeing/dyeblog/C1307213733/E20140617104108/index.html>)

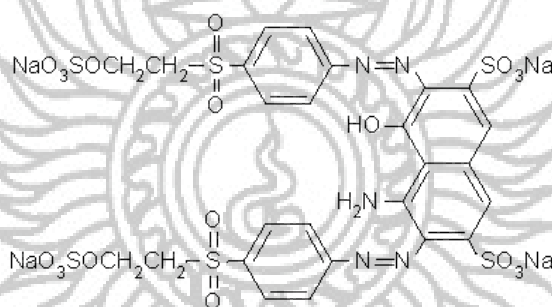
4) สีดีสเพอร์ส (Disperse dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติกระจายได้ดี สามารถย้อมเส้นใยอะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดี การย้อมจะใช้สารพาเพื่อช่วยเร่งอัตราการดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใยหรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิและความดันสูง สีดีสเพอร์สเป็นสีที่ทนแสงและการซักฟอกค่อนข้างดี แต่สีจะซีดถ้าถูกควั่นหรือแก๊สบางชนิด เช่น แก๊สไนโตรซอกไซด์ สีดีสเพอร์ส แบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากกลุ่มเคมีในตัวสีย้อม ได้แก่ สีย้อมอะโซ (Azo dyes) และสีย้อมแอมมิโนแอนทราควิโนน (Amino anthraquinone) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม ประกอบด้วยอนุพันธ์ของเอทานอลามีน (Ethanalamine; $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}$) หรืออนุพันธ์ที่คล้ายคลึงกัน



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของสียดิสเพอร์ส ประเภทโมโนอะโซ

(ที่มา www.chemtrack.org)

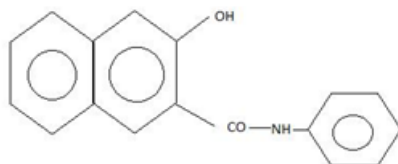
5) สียรีแอคทีฟ (Reactive dye) เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นต่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ ไฮดรอกไซด์ (OH) ของเซลลูโลสและเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ในสภาวะที่เป็นต่าง กลายเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สียรีแอคทีฟมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง 70-75 °C และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิปกติ สียรีแอคทีฟให้สีที่สดใส ทุกสัติดทนในทุกสภาวะ



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสียรีแอคทีฟ แบลค 5

(ที่มา <http://www.pburch.net/dyeing/remazol.shtml>)

6) สียอะโซอิก (Azotic dye) สีย้อมชนิดนี้ไม่สามารถละลายน้ำได้ การที่สีจะก่อรูปเป็นเส้นใยได้ต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอลซึ่งละลายน้ำได้ก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้รวมตัวเป็นสี (coupling) แล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโปเนนท์จึงจะเกิดเป็นสีได้ สียอะโซอิกใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอน หรืออะซิเตท สียอะโซอิกเป็นสีที่ทนต่อการซัก แต่ไม่ทนต่อการขัดถู

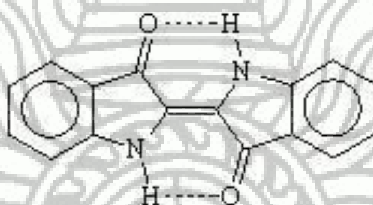


Naphthol - AS

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของสีอะโซอิก

(ที่มา <http://textileapex.blogspot.com/2014/01/azo-dye.html>)

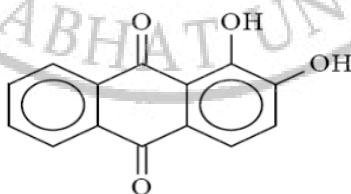
7) สีแว้ต (Vat dye) เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อทำการย้อมต้องเตรียมน้ำย้อมให้ สีแว้ตละลายน้ำโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สีแว้ตจะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นเกลือจึง ซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อนำผ้าไปผึ่งในอากาศสีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีแว้ต สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบ ทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (indigoid) และสีแอนทราควินอยด์ (antraquinoid)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของสีอินดิโก

(ที่มา <http://www.denimsandjeans.com/denim/manufacturing-process/dyes-used-for-denim-dyeing-a-description/>)

8) สีมอร์แดนท์ หรือโครม (Mordant or chrome dye) สีย้อมชนิดนี้ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารที่ช่วยติดที่ใช้ คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีมอร์แดนท์ เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ซึ่งเกิดจากสีมอร์แดนท์หลายโมเลกุลจับกับโลหะ แล้วละลายน้ำได้จึงทำให้ย้อมได้ง่าย ซึ่งใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดี

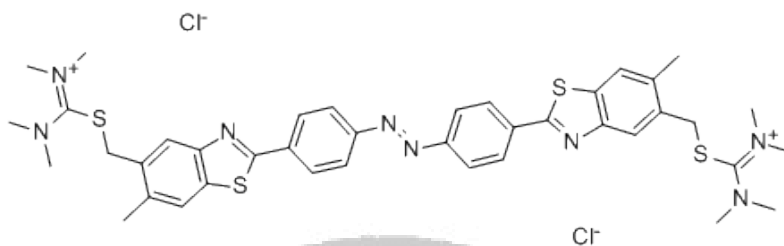


Mordant Red 11

ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของสีมอร์แดนท์เรด 11

(ที่มา <http://textilelearner.blogspot.com/2015/01/different-types-of-dyes-with-chemical.html>)

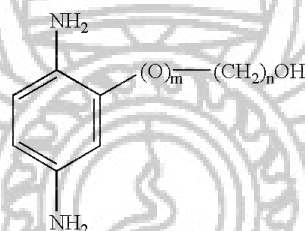
9) สีนินเกรน (Ingrain dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยากับน้ำ สีย้อมชนิดนี้ใช้สำหรับย้อมผ้า



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของสี Alcain yellow

(ที่มา http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB0163624.htm)

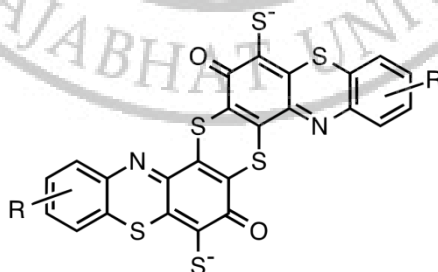
10) สีออกซิเดชัน (Oxidation dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดเป็นคอลลอยด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาในน้ำ โดยสีจะติดแน่น อาศัยปฏิกิริยาการตกตะกอนผลึกภายในเส้นใย ใช้สำหรับย้อมผ้าและขนสัตว์



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของสีออกซิเดชัน

(ที่มา <https://www.google.com.tr/patents/US6554870>)

11) สีซัลเฟอร์ (Sulfur dye) เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สีเพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อมผ้า สีจะติดทนและยังเป็นสีที่มีราคาถูก แต่สีที่อ่อนจะไม่ทนต่อการซัก



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของสี sulfur black 1

(ที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_dye)

2.2 กระบวนการกำจัดสีย้อม (จากบทความวิจัยของ วนิดา ชูอักษร, 2555)

กระบวนการกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญ โดยในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี ดังนี้

1. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation)

เป็นกระบวนการกำจัดสีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยมักใช้ร่วมกับการปรับค่าความเป็นกรดต่างและสามารถใช้เป็นกระบวนการบำบัดขั้นต้นก่อนกระบวนการบำบัดทางชีววิทยา สารตกตะกอนที่นิยมใช้คือปูนขาว สารส้ม เพอร์รัสคลอไรด์หรือเพอร์รัสซัลเฟต เป็นต้น การกำจัดสีโดยกระบวนการตกตะกอนด้วยสารส้มเป็นผลจากการทำให้โมเลกุลของสีถูกดูดซับบนอนุภาคของสารส้มทำให้เกิดตะกอนของสีจมตัวลงในน้ำทิ้ง จากนั้นทำให้น้ำทิ้งเป็นกลางก่อนปล่อยลงท่อน้ำทิ้ง เทคนิคนี้สามารถกำจัดสีออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากน้ำทิ้งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของโมเลกุลสีย้อมถ้าสีย้อมมีโมเลกุลเล็กเช่นสีประเภทสีแอสิด สีรีแอคทีฟ การเกิดตะกอนของสีโดยใช้สารส้มจะไม่สามารถทำได้ ดังนั้น ต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการตกตะกอนให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์โดยใช้สารช่วยให้เกิดการรวมตัวของตะกอน เช่น โพลีอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมเนื่องจากความเข้มข้นของโพลีอิเล็กโทรไลต์ที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งจะส่งผลเสียต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน

2. กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา (Biological Treatment)

กระบวนการนี้อาศัยจุลินทรีย์ในการลดสีโดยจุลินทรีย์ที่เติบโตขึ้นมาใหม่จะมีการดูดซับสีไปด้วยทำให้สามารถบำบัดสีได้แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

ระบบที่ 1 คือระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ในการทำลาย กิน ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมวลสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกลดลง

ระบบที่ 2 คือระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ดัดแปลงจากการบำบัดน้ำเสียแบบที่มีอากาศและไม่มีอากาศรวมกันโดยเพิ่มเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำระบบนี้คล้ายกับระบบตะกอนเร่งต่างกันเพียงบ่อนี้จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ขุดจากพื้นดินโดยตรง คุณภาพของน้ำเมื่อผ่านกระบวนการนี้จะมีค่าบีโอดีลดลงประมาณ 30-50 %

3. การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

การดูดซับบนถ่านกัมมันต์เป็นกระบวนการดูดซับที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายสามารถใช้กำจัดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่มีข้อจำกัดที่น้ำหนักโมเลกุลของของเสียที่จะถูกดูดซับต้องมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 400 ซึ่ง

โดยทั่วไปน้ำหนักโมเลกุลของของเสียในอุตสาหกรรมสีจะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 400 และสูงกว่า 1200 ดังนั้นก่อนการกำจัดสีด้วยกระบวนการดูดซับบนถ่านกัมมันต์จะต้องมีการปรับขนาดโมเลกุลของของเสียให้เหมาะสมก่อนโดยการไฮโดรไลซิสด้วยปูนขาวซึ่งต้องใช้ปูนขาวปริมาณมากในการปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 10-11 ซึ่งส่งผลให้ pH ของน้ำทิ้งสูง ดังนั้นต้องมีการปรับ pH ให้เป็นกลางก่อนปล่อยทิ้งด้วยการกำจัดสีด้วยกระบวนการดูดซับบนถ่านกัมมันต์ เป็นกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของสีดูดติดบนผิวของถ่านกัมมันต์ ดังนั้นประสิทธิภาพการดูดซับสีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรูพรุนของถ่านกัมมันต์เพราะพื้นที่ผิวจำเพาะมากขึ้นนั่นเอง แต่การทำให้โมเลกุลของสีหลุดออกจากผิวของถ่านนั้นทำได้ยาก ต้นทุนการนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่จึงสูงมากเพราะต้องผ่านการเผาและการกำจัดกากซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงรวมถึงค่าใช้จ่ายในส่วนที่มีการปรับ pH ก่อนปล่อยออกจากโรงงานด้วย ทำให้เทคนิคนี้ไม่เป็นที่นิยมแม้จะมีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงก็ตาม

4. เทคโนโลยีใหม่ๆ (New Technology)

เทคโนโลยีใหม่ๆมากมายที่เกิดขึ้นมีพื้นฐานตั้งอยู่บนเทคนิคต่างๆกันแต่มีวัตถุประสงค์เดียวกันคือเพื่อลดผลกระทบต่อต่างๆให้เหลือน้อยที่สุดตัวอย่าง เช่น

4.1 ตัวดูดซับชนิดอินทรีย์ซึ่งถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นและมีการนำมาใช้กันอยู่ในโรงงาน ประสิทธิภาพในการกำจัดสีค่อนข้างดี อัตราการกำจัดเป็นไปอย่างรวดเร็วให้ผลการกำจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้แม้จะมีความแปรผันของความเข้มข้นสีที่สูงหรือมีสารเจือปนก็ตาม ซึ่งต้นทุนวิธีนี้ต่ำกว่าเทคนิคอื่นๆที่คล้ายกัน ดังนั้นเทคนิคนี้จึงคุ้มค่าต่อการพิจารณาต่อไป

4.2 ระบบที่มีพื้นฐานของอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในระหว่างกำลังพัฒนา พลังงานที่ใช้จะสูงและบางครั้งคลอรีนและไฮดรอกซีเรดิคัลสามารถเกิดขึ้นได้ซึ่งจะทำให้เกิดการแตกพันธะอย่างควบคุมไม่ได้ ตัวดูดซับชนิดอินทรีย์หรือพีซีแข็งเช่นผักตบชวาจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือเซลลูโลสซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันแล้วแลกเปลี่ยนไอออนหรือโมเลกุลของสารอินทรีย์ได้ ซึ่งวิธีเหล่านี้จะมีความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง วิธีที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง คือ การดูดซับด้วยกากชา เนื่องจากใช้ต้นทุนไม่มาก และ กากชาที่มีประสิทธิภาพจะมีความสามารถในการดูดซับสูง (ธงชัย, 2527)

2.3 ตัวดูดซับ (จากงานวิจัยของ สรวารุ ศรีคุณ , 2550)

ตัวดูดซับ คือ สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. สารอินทรีย์ เช่น ดินเหนียวต่างๆ ซิลิกาถ่านกัมมันต์ ถ่านกระดุก หรือสินแร่จำพวกอลูมิเนียม ตัวดูดซับสารอินทรีย์มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 m^2/g และดูดซับโมเลกุลสารเพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับจากสารอินทรีย์มีขีดจำกัด

2. ถ่านกัมมันต์ มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ $500-1,400 \text{ m}^2/\text{g}$ เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพและมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ เช่น ฟอกสี กำจัดกลิ่น กำจัดตะกอนในโรงเบียร์
3. สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ $50-200 \text{ m}^2/\text{g}$
4. วัสดุชีวภาพ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย ใคโตซาน กากกาแฟ กากชา กากถั่วเหลือง ถั่วแกลบดำ
5. สารดูดซับชีวภาพ ได้แก่ เอนไซม์ต่างๆ เซลล์แบคทีเรีย

2.4 กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแพร่ภายนอก (External diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ

ขั้นตอนที่ 2 การแพร่ผ่านภายใน (Internal diffusion) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่กระจายเข้าสู่บริเวณพื้นที่ผิวภายในโพรงตัวดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดซับ

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับติดที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้น ควรคำนึงถึงการต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย

รูปแบบการดูดซับนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. กระบวนการดูดซับทางกายภาพ (Physisorption หรือ Physical adsorption sinv van der waals adsorption) เป็นแรงที่ทำให้เกิดการเกาะ หรือยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลที่พื้นผิวหน้าของตัวดูดซับ จัดเป็นแรงดูดค่อนข้างอ่อน เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ แรงแดโพล-ไดโพล และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีทั้งของตัวถูกดูดซับ และตัวดูดซับ โดยที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนพื้นผิวตัวดูดซับในลักษณะที่ซ้อนกันเป็นหลายชั้น (Multilayered) และจำนวนชั้นของโมเลกุลตัวถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้น การจัดเรียงตัวของโมเลกุลการกระจายตัวและการเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้พลังงานของระบบลดลงเป็นการทำให้ระบบมีความเสถียรมาก

2. กระบวนการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) จะมีลักษณะเหมือนกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี กล่าวคือ จะต้องมีการสร้างพันธะเคมีของตัวถูกดูดซับกับพื้นผิวของตัวดูดซับ ตัวดูดซับทางเคมีมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (สร้างพันธะไอออนิก) หรือการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (สร้างพันธะโคเวเลนต์) ทำให้แรงยึดเหนี่ยวค่อนข้างสูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นในการดูดซับทางกายภาพ มีผลทำให้การดูดซับทางเคมีโดยส่วนใหญ่จะผันกลับไม่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูดซับทางกายภาพสามารถจะเกิดการผันกลับได้ภายใต้สภาวะเดียวกัน การดูดซับทางเคมีจะเกิดในบริเวณที่จำเพาะเจาะจงเท่านั้น และโมเลกุลตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บริเวณดังกล่าวจะเป็นแบบชั้นเดียว (monolayer) และเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงแต่การดูดซับทางกายภาพเกิดได้ทั่วไปบนพื้นผิวตัวดูดซับ

2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

1. สมบัติของตัวดูดซับ พื้นผิวและโครงสร้างของรูพรุน พื้นผิวที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุนหาก รูพรุนมีมากทำให้พื้นผิวในการดูดซับมีมาก ดังนั้น ความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น การดูดซับจะเกิดได้ดีเมื่อโมเลกุลของตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็ก หรือรูพรุนมีขนาดใหญ่แต่ปากรูพรุนมีขนาดเล็กก็ไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น

2. สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ สมบัติของสารที่มีผลต่อการดูดซับที่เด่นชัด 2 ประการ คือ สภาพการละลายได้กับน้ำหนักและขนาดโมเลกุล สารที่มีความสามารถในการละลายสูงจะถูกดูดซับได้น้อยเนื่องจาก ก่อนที่เกิดกระบวนการดูดซับ จะต้องมีการทำลายพันธะของตัวถูกละลายก่อน ซึ่งถ้าไม่มีการทำลายพันธะก็จะไม่สามารถเกิดการดูดซับได้ น้ำหนักและขนาดของโมเลกุลถ้าน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น และโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นแบบกิ่งจะถูกดูดซับได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นเส้นตรง

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เช่น หาก pH ลดลง ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) บนพื้นที่ผิวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการดูดซับ ไอออนลบ เกิดได้มากขึ้น

4. อุณหภูมิ การเพิ่มของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้น แต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง

5. เวลาสัมผัส เวลาสัมผัสเป็นตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสต้องเหมาะสมที่จะทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับ และสารถูกดูดซับ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนนำไปใช้จริง

2.6 สมดุลการดูดซับ

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไปในการละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้มข้น C_0 ในช่วงเริ่มต้น โมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายออกมา อัตราการคายจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคาย ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุล ณ ภาวะสมดุลจำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับและจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่คายออกมามีปริมาณคงที่ ดังสมการ

ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมาจากตัวดูดซับ

$$qW = V(C_0 - C)$$

เมื่อ q คือ เป็นปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ หน่วย เป็นปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ เช่น โมลต่อกิโลกรัม (mol/kg) โมลต่อกรัม (mol/g) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) เป็นต้น

W คือ เป็นมวลของตัวดูดซับที่ใช้ หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น กิโลกรัม (Kg) หรือ กรัม (g)

V คือ เป็นปริมาตรของสารละลายที่มีตัวถูกดูดซับละลายอยู่ หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) หรือลิตร (L)

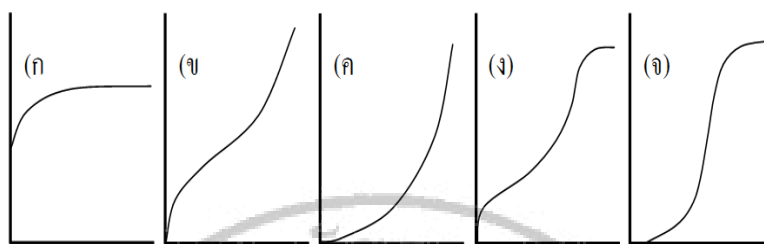
C_0 คือ เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับก่อนการดูดซับที่อยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น เช่น โมลต่อลิตร (L)

C คือ เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น เช่น โมลต่อลิตร (mol/L)

ไอโซเทอร์มของการดูดซับ (adsorption isotherm)

ไอโซเทอร์มของการดูดซับ เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (q) กับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ใน สารละลาย (C) ที่

สภาวะสมดุล ณ อุณหภูมิคงที่ ถ้าเขียนกราฟระหว่างค่า q ในแกนตั้งและค่า C ในแกนนอนจะให้รูปแบบพื้นฐานของ ไอโซเทอร์มการดูดซับ 5 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 2.12 ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบพื้นฐาน

จากภาพที่ 2.12 (ก) จัดเป็นไอโซเทอร์มการดูดซับแบบชั้นเดียว ส่วนภาพที่ (ข) ถึง (จ) เป็น ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบหลายชั้น สมการไอโซเทอร์มของการดูดซับจะอาศัยแบบจำลองการดูดซับทางคณิตศาสตร์ ในที่นี้จะ กล่าวถึง 2 สมการที่นิยมใช้กัน ดังนี้

1) สมการการดูดซับของฟรุนดิช (Freundlich adsorption isotherm)

โดยนักเคมีฟิสิกส์ชาวเยอรมัน Herbert Max Finlay Freundlich (1880-1941) ใช้อธิบายไอโซเทอร์มการดูดซับภายใต้สมมติฐานที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบวิวิธพันธ์ (heterogeneous adsorption surface พื้นผิวไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด) มีรูปแบบของสมการเป็น ดังนี้

$$q = KC^{1/n} \quad (1)$$

เมื่อ q คือ ปริมาณของตัวถูกดูดซับ (mol /g)

C คือ เป็นความเข้มข้นที่เหลืออยู่ในสารละลาย หน่วยความเข้มข้น เช่น โมลต่อลิตร (mol/L)

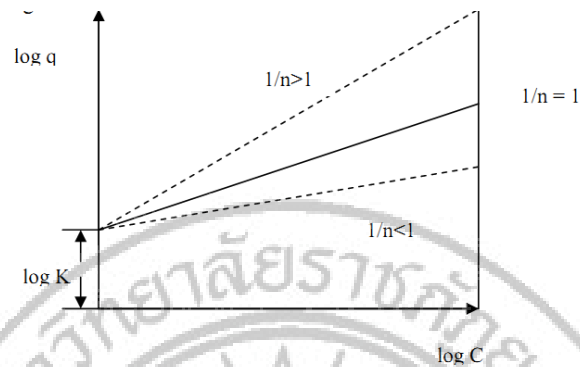
K คือ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

N คือ ค่าคงที่ของฟรุนดิช (Freundlich constant)

แต่ละระบบที่กำลังศึกษาหรือทดลอง (ดังภาพ 2.13) และ n ใช้ อธิบายลักษณะของเส้นกราฟไอโซเทอร์มการดูดซับ โดยทั่วไป n จะมีค่ามากกว่าหนึ่ง เมื่อจัดรูปสมการข้างต้นให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงโดยใส่ลอการิทึมทั้งสองข้าง ของสมการจะได้

$$\log q = \log K + 1/n \log C \quad (2)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\log q$ กับ $\log C$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $1/n$ และมีจุดตัดแกน y เท่ากับ $\log K$

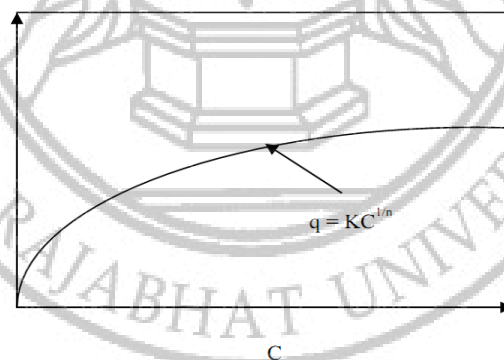


ภาพที่ 2.13 ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบเชิงเส้นตรงของฟรุนดิช

ถ้า $1/n = 1$ ไอโซเทอร์มการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง

ถ้า $1/n < 1$ บอกลักษณะความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับจะต่ำในทุกค่าของความเข้มข้น C หรือกล่าวว่ามีปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับในปริมาณจำกัดในการดูดซับ

ถ้า $1/n > 1$ บอกลักษณะความสามารถของการดูดซับของตัวดูดซับจะดูดซับได้มาก หรือกล่าวว่ามีบริเวณพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากในการดูดซับเมื่อเขียนกราฟระหว่างค่า q และ C จะไม่สามารถบอกถึงปริมาณของตัวถูกดูดซับถูกดูดซับได้มากที่สุด (Adsorption maximum) เนื่องจากตัวถูกดูดซับสามารถจะเกิดการซ้อนทับกันได้



ภาพที่ 2.14 ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบไม่เชิงเส้นของฟรุนดิช

2) สมการการดูดซับของแลงเมียร์ (Langmuir adsorption isotherm)

ถูกพัฒนาขึ้นโดยนักเคมีชาวอเมริกัน Irving Langmuir ในปี ค.ศ. 1916 ผู้ได้รับรางวัล โนเบลสาขาเคมีในปี ค.ศ. 1932 โดยมีข้อกำหนดว่า พื้นผิวบนตัวดูดซับเป็นแบบเดียวกันหมด (Monogeneous adsorption surface) มีกลไกของการดูดซับเหมือนกับการดูดซับของตัวถูกดูดซับ บนพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว ตัวถูกดูดซับจะจัดเรียงตัวเพียงชั้นเดียวบนพื้นผิวตัวดูดซับโดยที่ไม่มีเลกุลตัวถูกดูดซับไม่เกิดการซ้อนทับกัน พื้นผิวบนตัวดูดซับจะมีจำนวนจำกัดและเมื่อตัวถูกดูดซับถูกดูดซับไว้แล้วจะไม่มี การเคลื่อนที่ (เคลื่อนย้าย) หรือเปลี่ยนตำแหน่งกันกับตัวถูกดูดซับอื่นบนพื้นผิวตัวดูดซับ พื้นผิวตัวดูดซับจะปกคลุมด้วยตัวถูกดูดซับมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น จนมีตัวถูกดูดซับถูกดูดซับจนอิ่มตัว (ถูกดูดซับได้มากที่สุด) ดังสมการ (Manamisawa *et al.*, 2004)

$$q = \frac{q_m K C}{1 + K C} \quad (3)$$

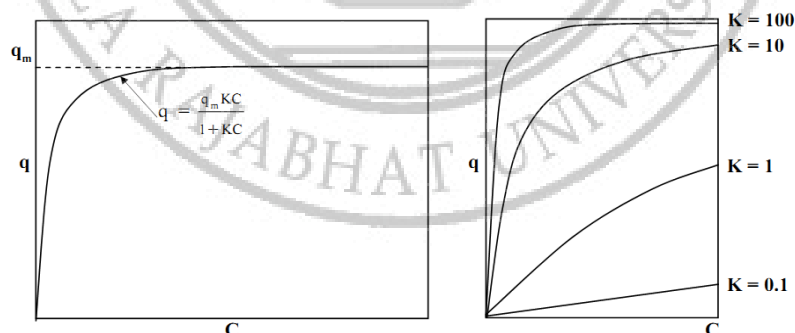
เมื่อ q คือ จำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับ ต่อหน่วยน้ำหนักที่ความเข้มข้น C (หน่วยเป็น mg/g)

q_m คือ จำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับ ต่อหน่วยน้ำหนักตัวดูดซับที่จัดเรียงตัวเพียงชั้นเดียว (monolayer) บนพื้นผิวตัวดูดซับ

C คือ ความเข้มข้นที่จุดสมดุล (mg/L, M)

K คือ ค่าคงที่ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงาน

เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่า q และ C จากสมการจะได้กราฟดังภาพ

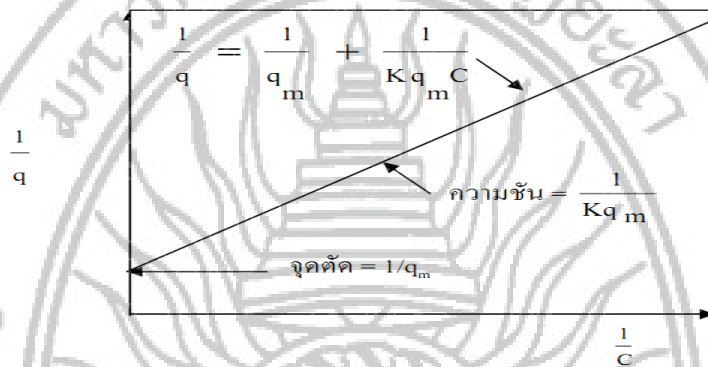


ภาพที่ 2.15 ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบไม่เชิงเส้นของแลงเมียร์

เมื่อจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงจะได้ m

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{Kq_m C} \quad (4)$$

เขียนกราฟระหว่าง $\frac{1}{q}$ และ $\frac{1}{C}$ จะได้กราฟเส้นตรงมีค่าความชันเท่ากับ $\frac{1}{Kq_m}$ และจุดตัดบนแกน ตัด y เท่ากับ $\frac{1}{q_m}$



ภาพที่ 2.16 ไอโซเทอรัมการดูดซับแบบเชิงเส้นของแลงเมียร์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรพิน โทนเดี่ยว (2550) การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสังกะสีและทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทำการแปรผันค่า pH ที่ 2 3 4 5 6 และ 7 ระยะเวลาการปั่นกววนที่ 30 60 90 120 150 และ 180 นาที ระยะเวลาในการสัมผัสที่ 30 60 90 120 150 และ 180 นาที ปริมาณกากชาที่ 1 2 3 4 5 และ 6 g และความเข้มข้นของโลหะหนักที่ 25 50 75 100 150 200 mg/L จากผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสังกะสีคือที่ pH 5 ระยะเวลาในการปั่นกววน 120 นาที ระยะเวลาในการสัมผัส 120 นาที สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดของทองแดงคือที่ pH 6 ระยะเวลาในการปั่นกววน 120 นาที ระยะเวลาในการสัมผัส 60 นาที เมื่อปริมาณของกากชาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดจะสูงขึ้นและถ้าความเข้มข้นของโลหะหนักเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดซับโลหะหนักทั้งสองโดยใช้กากชาสอดคล้องกับสมการการดูดซับของ ฟรุนดิช

ปวีณา และคณะ (2546) ได้ศึกษาการบำบัดสารอินทรีย์และโลหะหนักจากน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็ก (*Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp.) ซึ่งในการใช้ *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp.

บำบัดตะกั่วและแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์พบว่า *Oscillatoria* sp. มีค่า pH ที่เหมาะสมในการบำบัดตะกั่วและแคดเมียม คือ 3.5 และ 4.5 ตามลำดับ ส่วน *Microcystis* sp. มีค่า pH ที่เหมาะสม คือ 4.5 และ 6 ตามลำดับ โดย *Oscillatoria* sp. มีระยะเวลาในการบำบัดตะกั่วและแคดเมียมถึงจุดสมดุลที่ 60 นาที ส่วน *Microcystis* sp. ถึงจุดสมดุลที่ 120 นาที

รัตนา (2542) ได้ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะหนักบางตัวบนวัสดุดูดซับเถ้าแกลบพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายโครเมียม (III) ตะกั่ว (II) และเงิน (I) คืออุณหภูมิ 30 °C ระดับ pH 4-5 ระยะเวลา 30-60 นาทีและพบว่าเงินถูกดูดซับได้ดีกว่าโครเมียม และตะกั่ว ตามลำดับ ซึ่งการดูดซับเป็นแบบกายภาพประสิทธิภาพการดูดซับไม่ขึ้นอยู่กับเลขออกซิเดชัน

สุนันทา เลาวัลย์ศิริ (2544) ศึกษาความเป็นพิษของน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้สีย้อม C.I. reactive red 141 (RR 141) ที่ความเข้มข้น 200 mg/L และแหล่งคาร์บอนจาก Modified starch ที่ความเข้มข้น 1,200 mg COD/L เริ่มต้นเดินระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (An) ตามด้วยระบบแบบเติมอากาศ (An-Ae) และระบบบำบัดโดยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ (An-Micro) ที่เวลา 1, 6, 13 และ 18 วัน โดยนำน้ำเสียก่อนบำบัด และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบ An-Ae และ An-Micro มาทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดค่าความเป็นพิษของสี COD TKN และแอมโมเนียไนโตรเจน ต่อปลาตะเพียนขาว ผลการทดลองพบว่าร้อยละการกำจัดสีในระบบ An-Micro สูงสุด มีค่าเท่ากับ 92.1 % ในวันที่ 18 ของการบำบัด ร้อยละการกำจัด COD สูงขึ้นตามระยะเวลาการบำบัด โดยในวันที่ 18 พบว่ากำจัด COD ในระบบ An-Micro มีค่าสูงสุดเท่ากับ 97.0 % ระบบ An-Ae มีปริมาณ TKN และแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบำบัด ในขณะที่ระบบ An-Micro ปริมาณ TKN และแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงตามระยะเวลาการบำบัด จากการศึกษาความเป็นพิษของน้ำเสียสังเคราะห์สีย้อมรีแอคทีฟ พบว่าระบบ An-Ae มีค่า LC_{50} สูงกว่า An-Micro แสดงว่า An-Micro มีความเป็นพิษสูงกว่า An-Ae แม้ว่าระบบ An-Micro มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุดและผ่านการบำบัดโดยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ ก็ไม่สามารถลดค่าความเป็นพิษที่เกิดจาก Intermediate ของการย่อยสลายสีและแหล่งคาร์บอนได้

วนิดา ชูอักษร (2012) เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรมมีหลายวิธีได้แก่วิธีทางกายภาพเคมีและชีวภาพซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันได้แก่การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงแต่มีข้อจำกัดคือการนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องฟื้นฟูสภาพด้วยการเผาที่ความร้อนสูงซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง การใช้กระบวนการกรองด้วยเยื่อแผ่นก็จะต้องควบคุมระดับความดันน้ำอัตราการไหลของน้ำค่าความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิ การสร้างตะกอนและการรวมตะกอนโดยใช้สารสัมปทุนขาวและสารประกอบเหล็กก็เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงแต่จะมีกาคตะกอนเกิดขึ้นในปริมาณมากซึ่งยุ่งยากในการนำไป

กำจัด กระบวนการเฟนตันก็ต้องควบคุมความเข้มข้นของเหล็กความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ค่า
 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่างและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา การใช้โอโซนก็ต้องควบคุมอุณหภูมิความดัน
 ความเป็นกรดต่างและความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเนื่องจาก
 โอโซนจะทำปฏิกิริยากับสารบางชนิดทำให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็ง ในการใช้เทคโนโลยีทางกายภาพและเคมีมี
 ข้อจำกัดเนื่องจากการใช้สารเคมีในการกำจัดนอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วตะกอนที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากและเป็น
 การเพิ่มสารเคมีในสิ่งแวดล้อมด้วย การใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพ ได้แก่ การดูดซับด้วยสาหร่ายการย่อยสลาย
 สีโดยใช้เชื้อราบางชนิดมีข้อจำกัดในเรื่องความสะดวกในการทำงานการเก็บรักษาการขนส่งรวมถึงการควบคุม
 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับและการย่อยสลาย การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับน้ำเสียของอุตสาหกรรมแต่ละ
 ประเภทต้องคำนึงถึงลักษณะน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสีย ประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายฯลฯในทางปฏิบัติควรมีการนำน้ำ
 เสียมาทดสอบก่อนเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

2.8 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

กากชาเหลือใช้จากร้านขายน้ำใน อ.เมือง จ.ยะลา



ศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อม ภายใต้สภาวะต่างๆ คือ

- ปริมาณกากชาต่อการดูดซับสีย้อม
- ความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ
- ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)
- อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ
- ศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี

Scanning Electron Microscopy (SEM)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กากชาที่เหลือใช้จากร้านน้ำชาในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectroscopy)
3. เครื่องบดละเอียดไฟฟ้า (Blender)
4. เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง (Balance)
5. เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)
6. ขวดแก้วฝาเกลียวเก็บตัวอย่าง (Laboratory Bottle)
7. ปีกเกอร์ (Beaker)
8. แท่งแก้วคน (Glass Rod)
9. กระบอกตวง (Cylinder)
10. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
11. หลอดทดลอง (Test Tube)
12. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)
13. อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)
14. เครื่องเขย่า (Vortex)
15. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
16. ช้อนตักสาร (Spatula)
17. พาราฟิล์ม (Parafilm)
18. คิวเวต (Cuvett)
19. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด ด่าง (pH meter)
20. เครื่องเหวี่ยงตกตะกอนความเร็วสูง (Centrifuge)
21. ตะแกรงที่มีรูพรุนขนาด 0.5 – 1.0 mm (Test Sieve)
22. Scanning electron microscope (SEM) \

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- Sodium hydroxide
- Hydrochloric acid
- pH solution (3-11)
- Methylene blue (Sigma)

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 การเตรียมตัวดูดซับจากกากชา (ประยุกต์จากวิธีของ B.H. Hameed, 2009)

นำกากชาที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ต้มด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 5 ครั้ง เพื่อให้กากชาสะอาดและไม่มีสีหลงเหลืออยู่ จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และเมื่อแห้งนำไปบดละเอียด เพื่อให้มีอนุภาคที่เล็กลงแล้วทำการร่อนให้ได้ขนาดอนุภาค 0.5 – 1.0 mm โดยเก็บไว้ในขวดที่มีดichtung และปราศจากความชื้น โดยห้ามปนเปื้อนการใช้สารเคมีหรือสารอื่นๆ ก่อนนำไปใช้งานต่อไป

3.3.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อม ภายใต้สภาวะต่างๆ

3.3.2.1 ศึกษาปริมาณกากชาต่อการดูดซับสีย้อม

ศึกษาโดยการเพิ่มปริมาณกากชาที่แตกต่างกัน คือ 0.10 0.20 0.40 0.80 และ 1.60 g ตามลำดับ โดยใช้ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL และในแต่ละขวดมีความเข้มข้นสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ปริมาตร 100 mL ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีย้อมทั้งก่อนและหลังการดูดซับด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 667 nm (เมทิลีนบลู) และนำไปหาเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับสีย้อม

% ของการดูดซับสีย้อมสามารถคำนวณได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Adsorption} = \frac{OD_i - OD_e}{OD_i} \times 100$$

เมื่อ ค่า OD_i คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมก่อนการดูดซับ

OD_e คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมหลังการดูดซับ

3.3.2.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

ศึกษาโดยการเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมที่แตกต่างกัน คือ 6.5–65 mg/L โดยใช้ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL และในแต่ละขวดมีปริมาณกากชา 0.1 g ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีย้อมทั้งก่อนและหลังการดูดซับด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 667 nm (เมทิลีนบลู) นำไปหา % ของการดูดซับสีย้อม และความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมื่อเข้าสู่สมดุล (q_e) สามารถคำนวณได้

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{W} \times V$$

เมื่อ ค่า C_0 คือ ความเข้มข้นก่อนการถูกดูดซับของสีย้อม (mg/L)

C_e คือ ความเข้มข้นหลังการถูกดูดซับของสีย้อม (mg/L)

V คือ ปริมาณของสีย้อม (mL)

W คือ ปริมาณของกากชา (g)

3.3.2.3 ศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)

ศึกษาสภาวะความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม โดยมีค่า pH ที่แตกต่างกัน คือ pH 3-11 โดยใช้ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL และในแต่ละขวดมีปริมาณกากชา 0.1 g มีความเข้มข้นสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ปริมาตร 100 mL จากนั้น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีย้อมทั้งก่อนและหลังการดูดซับด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 667 nm (เมทิลีนบลู) นำไปหา % ของการดูดซับสีย้อม และความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมื่อเข้าสู่สมดุล

3.3.2.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยเตรียมกากชาปริมาณกากชา 0.7 g ในแต่ละขวด มีความเข้มข้นสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ปริมาตร 100 mL จากนั้นนำไปเขย่าในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 20-100 °C จากนั้น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีย้อมทั้งก่อนและหลังการดูดซับด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 667 nm (เมทิลีนบลู) นำไปหา % ของการดูดซับสีย้อม และความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมื่อเข้าสู่สมดุล

3.3.2.5 ศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำกากชาที่ก่อนและหลังผ่านการดูดซับสีย้อมต่างๆ มาศึกษารูปร่างของพื้นผิว โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) และถ่ายรูปเก็บไว้ (ส่งตัวอย่างวิเคราะห์)



บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับสีย้อมจากกากชา ที่สภาวะการทดลองต่างๆ เช่น ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวดูดซับ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณของการดูดซับ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับ และศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยผลการวิจัยมีดังนี้

4.1 ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีย้อม

หลังจากนำสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูสแกนหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank ด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer (Jasco V-730) พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีย้อม เมทิลีนบลู คือ 667 nm

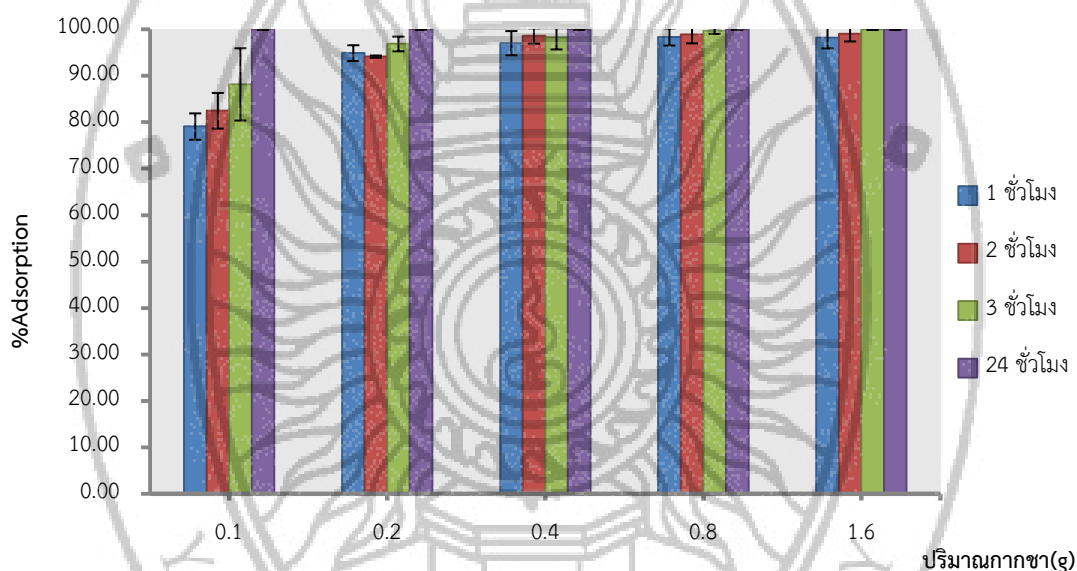
4.2 ผลการศึกษาปริมาณกากชาต่อการดูดซับสีย้อม

จากการศึกษาปริมาณกากชาที่แตกต่างกัน คือ 0.1 0.2 0.40 0.80 และ 1.60 g ตามลำดับ โดยมีความเข้มข้นของสีเมทิลีนบลู 13 mg/L ที่เวลาต่างๆ พบว่า ที่เวลา 1 ชั่วโมง กากชาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูได้ 79.10 ± 2.84 % ขณะที่ กากชาปริมาณ 0.2 0.4 0.8 และ 1.6 g มีความสามารถในการดูดซับสีเมทิลีนบลูได้ 94.92 ± 1.70 % 97.06 ± 2.60 % 98.39 ± 1.84 % และ 98.21 ± 2.29 % ตามลำดับ เมื่อเพิ่มเวลาในการดูดซับเป็น 2 ชั่วโมง พบว่า กากชาปริมาณ 0.4 0.8 และ 1.6 g มีความสามารถดูดซับสีย้อมได้มากกว่า 98 % และเมื่อเพิ่มเวลา จนครบ 24 ชั่วโมง กากชาที่ปริมาณต่างๆ สามารถดูดซับสีย้อมได้ 100 % (ตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.1) เมื่อเพิ่มเวลาและปริมาณตัวดูดซับมีผลทำให้ความสามารถในการดูดซับสีเมทิลีนบลูเพิ่มมากขึ้น โดยกากชาปริมาณ 0.1 g มีความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้ใกล้เคียงกับการชาปริมาณ 0.2 ถึง 1.6 เมื่อเพิ่มเวลามากขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกกากชาปริมาณ 0.10 g เพื่อใช้ในการศึกษาถัดไป

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาในปริมาณต่างๆ

ปริมาณกากชา (g)	% adsorption			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
0.1	79.10±2.84	82.51±3.83	88.18±5.78	100
0.2	94.92±1.70	94.16±0.24	96.89±1.58	100
0.4	97.06±2.60	98.61±1.65	98.31±2.60	100
0.8	98.39±1.84	98.91±1.89	99.66±0.60	100
1.6	98.21±2.29	99.06±1.63	100	100

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง ± SD



ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาในปริมาณต่างๆ

4.3 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

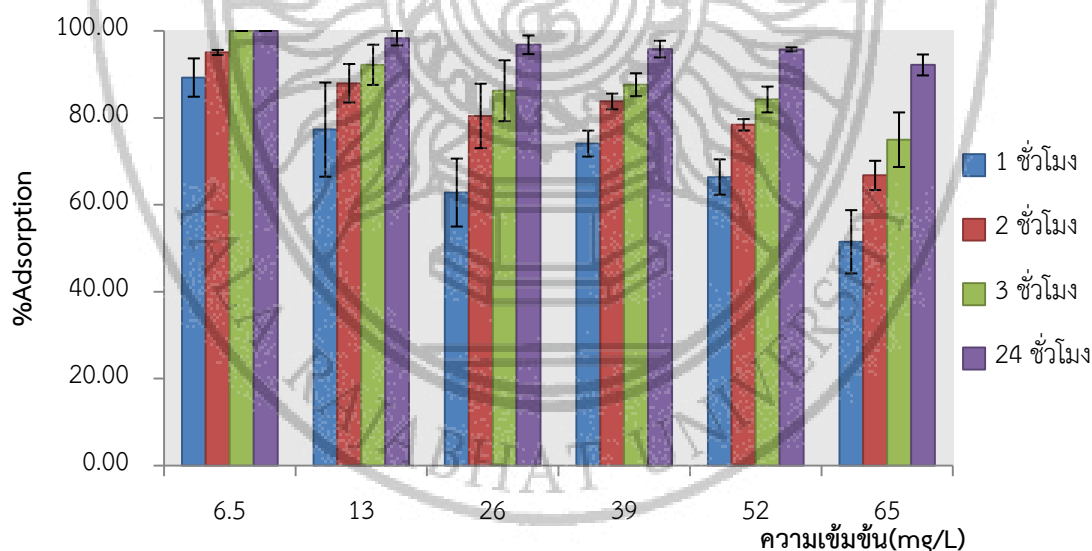
นำกากชาปริมาณ 0.10 g บ่มกับสีย้อมที่มีความเข้มข้นต่างๆ คือ 6.5 13 26 39 52 และ 65 mg/L ที่เวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้น 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลา 1 ชั่วโมง ความสามารถของกากชาในการดูดซับอยู่ที่ 89.28±4.41 % และสามารถดูดซับได้ 100 % เมื่อครบ 3 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมที่ 13 และ 26 mg/L ในชั่วโมงแรก พบว่า กากชาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อม ได้ 77.30±10.83 % และ 62.81±7.82 % ตามลำดับ เมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นจนครบ 24 ชั่วโมง

กากชาสามารถดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 และ 26 mg/L ได้มากกว่า 96 % ขณะที่ ความเข้มข้นของสีย้อมเท่ากับ 39 52 และ 65 mg/L นั้น กากชาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อมได้ระหว่าง 50-87 % ใน ชั่วโมงที่ 1 2 และ 3 และเมื่อบ่มทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับของกากชามากกว่า 92 % (ตารางที่ 4.2 ภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซนต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสีย้อม (mg/L)	% adsorption			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
6.5	89.28±4.41	95.05±0.59	100	100
13	77.30±10.83	87.97±4.43	92.22±4.63	98.36±1.68
26	62.81±7.82	80.45±7.42	86.24±7.01	96.82±2.15
39	74.09±2.99	83.78±1.81	87.63±2.64	95.84±1.92
52	66.39±4.07	78.40±1.32	84.23±2.97	95.77±0.46
65	51.49±7.28	66.76±3.37	74.98±6.28	92.18±2.41

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง ± SD



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซนต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

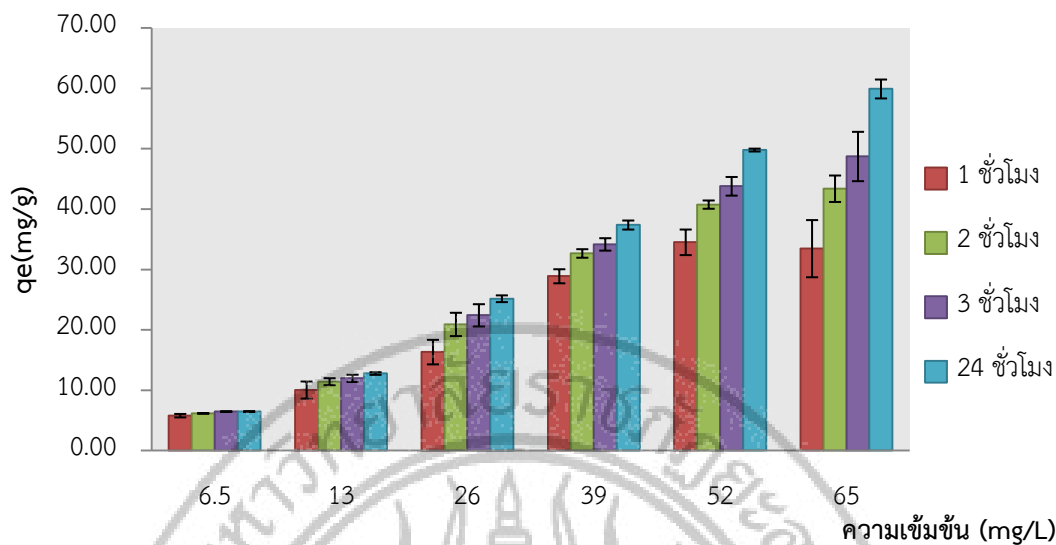
นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการศึกษาความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ ในสภาวะสมดุล (ดังสมการที่ 2 ในวิธีการทดลองที่ 3.3.2.2) พบว่า ที่ความเข้มข้น 6.5 mg/L ใน

เวลา 1 ชั่วโมง ความสามารถของกากขาในการดูดซับสีย้อมอยู่ที่ 5.80 ± 0.29 mg/g และในชั่วโมงที่ 2 เป็นต้นไป สามารถดูดซับสีย้อมได้มากกว่า 6.0 mg/g ที่ความเข้มข้นของสีย้อม 13 mg/L กากขาที่มีความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้มากกว่า 10 mg/g ตั้งแต่ชั่วโมงแรกและสามารถดูดซับได้ถึง 12.79 ± 0.22 mg/g เมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 26 และ 39 mg/L ในชั่วโมงแรก พบว่า กากขาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อม ได้ 16.33 ± 2.03 และ 28.89 ± 1.16 mg/g ตามลำดับ เมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นจนครบ 24 ชั่วโมง กากขาสามารถดูดซับสีย้อม ได้มากกว่า 25.17 ± 0.56 และ 37.38 ± 0.75 mg/g ตามลำดับ นอกจากนี้ ที่ความเข้มข้นของสีย้อมเท่ากับ 52 และ 65 mg/L นั้น กากขาสามารถดูดซับสีย้อมเริ่มต้นที่ 34.52 ± 2.12 และ 33.47 ± 4.73 mg/g ที่เวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับของกากขาจะอยู่ที่ 49.80 ± 0.24 และ 59.92 ± 1.57 mg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถของกากขาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่สภาวะสมดุล

ความเข้มข้นของสีย้อม (mg/L)	qe(mg/g)			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
6.5	5.80 ± 0.29	6.18 ± 0.04	6.48 ± 0.02	6.49 ± 0.02
13	10.04 ± 1.41	11.44 ± 0.58	11.99 ± 0.60	12.79 ± 0.22
26	16.33 ± 2.03	20.92 ± 1.93	22.42 ± 1.84	25.17 ± 0.56
39	28.89 ± 1.16	32.67 ± 0.71	34.17 ± 1.03	37.38 ± 0.75
52	34.52 ± 2.12	40.77 ± 0.68	43.80 ± 1.54	49.80 ± 0.24
65	33.47 ± 4.73	43.40 ± 2.19	48.73 ± 4.08	59.92 ± 1.57

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง \pm SD



ภาพที่ 4.3 ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 กรัม ในการดูดซับสี้อมที่มีความเข้มข้นต่างๆ ที่สภาวะสมดุล

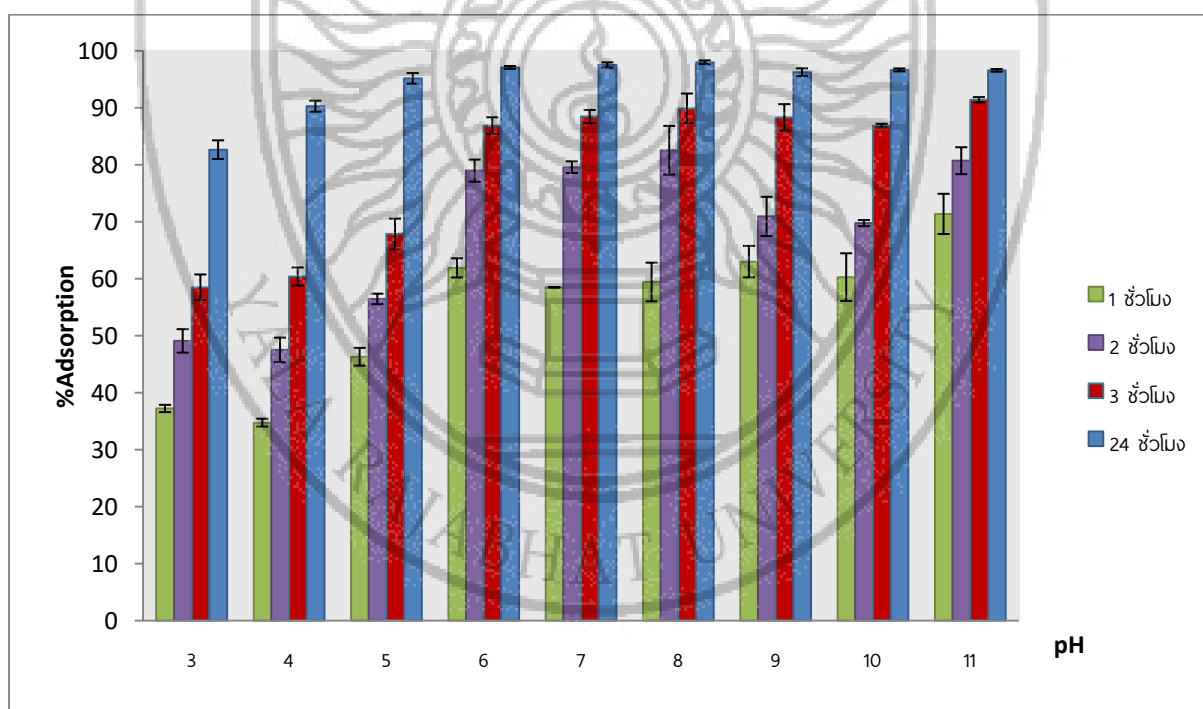
4.4 ผลการศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)

นำกากชาปริมาณ 0.1 กรัม บ่มกับสี้อมที่มีความเข้มข้นสี้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ปริมาตร 100 mL โดยสี้อมในแต่ละขดมีค่า pH ที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อบ่มกากชา กับสี้อม เมทิลีนบลู ที่ pH 3 4 และ 5 ในชั่วโมงแรก เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับเป็น 37.25 ± 0.64 34.77 ± 0.69 และ 46.33 ± 1.56 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มเวลาบ่มเป็น 24 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับของกากชาเพิ่มขึ้นเป็น 82.68 ± 1.63 90.31 ± 0.96 และ 95.19 ± 0.93 ตามลำดับ สี้อมในขดที่มีค่า pH 6-11 บ่มกากชาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ความสามารถในการดูดซับของกากชามีค่าประมาณ 60-70 % แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับสี้อมของกากชามีค่ามากกว่า 96 % ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสี้อมที่ pH ต่างๆ

ค่า pH	% adsorption			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
3.0	37.25±0.64	49.11±2.06	58.53±2.24	82.68±1.63
4.0	34.77±0.69	47.53±2.16	60.41±1.59	90.31±0.96
5.0	46.33±1.56	56.48±0.92	67.89±2.69	95.19±0.93
6.0	61.93±1.68	78.99±1.94	86.89±1.47	97.11±0.24
7.0	58.51±0.06	79.6±1.02	88.49±1.15	97.54±0.46
8.0	59.45±3.39	82.57±4.27	89.94±2.59	98.02±0.32
9.0	63.02±2.76	70.96±3.44	88.34±2.32	96.27±0.68
10.0	60.31±4.18	69.79±0.54	86.89±0.33	96.67±0.26
11.0	71.4±3.53	80.74±2.36	91.44±0.46	96.59±0.24

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง ± SD



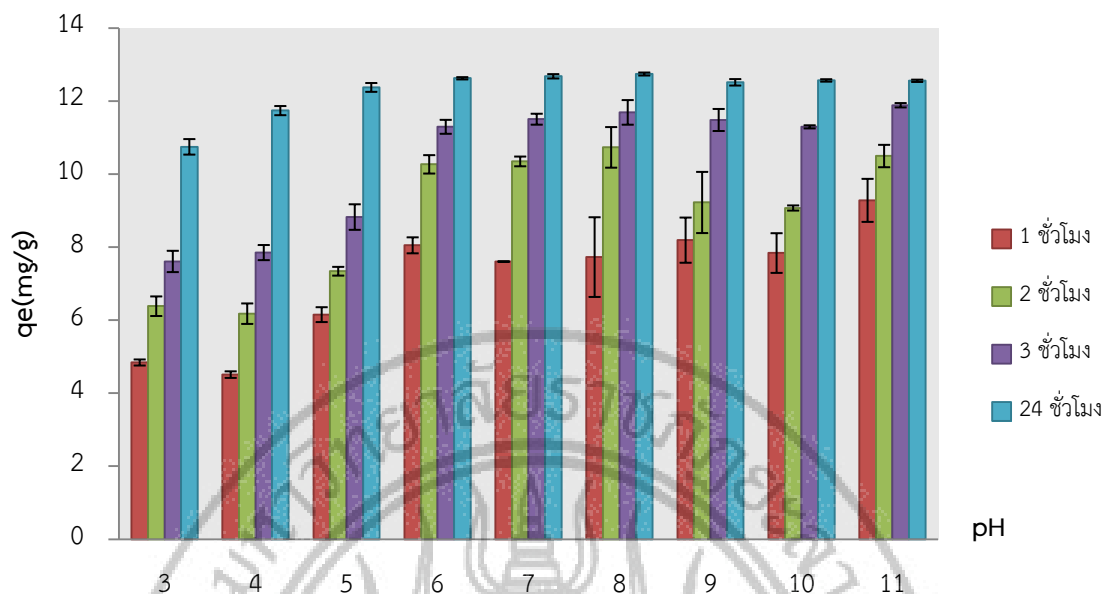
ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสี้อมที่ pH ต่างๆ

และเมื่อทำการศึกษาความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสี้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ที่มี pH ต่างๆ กัน ในสภาวะสมดุล (ดังสมการที่ 2 ในวิธีการทดลองที่ 3.3.2.2) พบว่า ในเวลา 1 ชั่วโมง สี้อมที่มีค่า pH 3 4 และ 5 ความสามารถของกากชาในการดูดซับสี้อมอยู่ที่ 4.84 ± 0.83 4.51 ± 0.89 และ 6.15 ± 0.20 mg/g ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 2 และ 3 สามารถดูดซับสี้อมได้ประมาณ 6.0-8.8 mg/g แต่เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง กากชาสามารถดูดซับสี้อมได้ 10.75 ± 0.21 11.74 ± 0.13 และ 12.38 ± 0.12 mg/g ตามลำดับ ที่ pH ของสี้อมเท่ากับ 6-11 กากชามีความสามารถในการดูดซับสี้อมได้มากกว่า 7.6 mg/g ตั้งแต่ชั่วโมงแรกและสามารถดูดซับได้มากกว่า 12.50 mg/g เมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสี้อมที่ pH ต่างๆ ที่สภาวะสมดุล

pH	qe (mg/g)			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
3	4.84 ± 0.83	6.38 ± 0.27	7.61 ± 0.29	10.75 ± 0.21
4	4.51 ± 0.89	6.18 ± 0.28	$7.85 \pm .21$	11.74 ± 0.13
5	6.15 ± 0.20	7.34 ± 0.12	8.83 ± 0.35	12.38 ± 0.12
6	8.05 ± 0.21	10.27 ± 0.25	11.29 ± 0.19	12.63 ± 0.03
7	7.61 ± 0.01	10.35 ± 0.13	11.50 ± 0.15	12.68 ± 0.06
8	7.73 ± 1.09	10.73 ± 0.56	11.69 ± 0.24	12.74 ± 0.04
9	8.19 ± 0.62	9.22 ± 0.84	11.48 ± 0.30	12.52 ± 0.09
10	7.84 ± 0.54	9.07 ± 0.07	11.30 ± 0.04	12.57 ± 0.03
11	9.28 ± 0.59	10.50 ± 0.31	11.89 ± 0.06	12.56 ± 0.03

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง \pm SD



ภาพที่ 4.5 ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ pH ต่างๆ ที่สถานะสมดุล

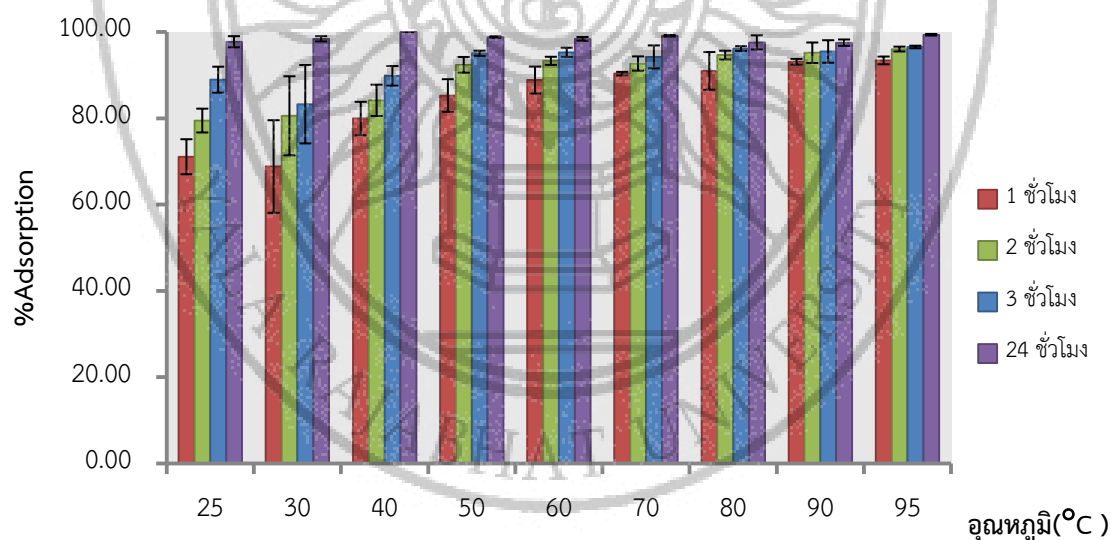
4.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ

นำกากชาปริมาณ 0.10 g บ่มกับสีย้อมที่มีความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง พบว่า เมื่อบ่มกากชาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C กากชามีเปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ 71.08 ± 4.06 และ 68.82 ± 10.73 ตามลำดับ ขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 40 50 และ 60 °C ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 79.95 ± 3.88 85.28 ± 3.78 และ 88.87 ± 3.13 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 70 80 90 และ 95 °C ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาสูงขึ้นมากกว่า 90 % เมื่อบ่มเป็นเวลานานขึ้นที่อุณหภูมิ 25 30 และ 40 เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า กากชา มีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นกว่าเดิมคือ มากกว่า 80 % และเมื่อบ่มทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง กากชา สามารถดูดซับสีย้อมได้เกือบ 100 % ขณะเดียวกัน ที่อุณหภูมิมากกว่า 50 °C ความสามารถในการดูดซับกากชาเพิ่มขึ้นมากกว่า 90 % ตั้งแต่ในชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 เพิ่มขึ้นมากกว่า 95 % จน เมื่อครบ 24 ชั่วโมง กากชา มีความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้ประมาณ 98 % ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	% adsorption			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
25	71.08±4.06	79.47±2.76	88.95±3.01	97.75±1.29
30	68.82±10.73	80.57±9.17	83.26±9.09	98.43±0.61
40	79.95±3.88	84.16±3.63	89.83±2.28	98.53±0.19
50	85.28±3.78	92.40±1.82	95.08±0.60	98.83±0.17
60	88.87±3.13	93.32±0.94	95.29±1.06	98.41±0.44
70	90.35±0.41	92.70±1.65	94.22±2.67	99.12±0.18
80	90.99±4.37	94.65±1.02	96.17±0.54	97.59±1.63
90	93.11±0.65	95.20±2.37	95.49±2.61	97.54±0.73
95	93.42±0.90	96.05±0.56	96.53±0.3	99.37±0.19

หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง ± SD



ภาพที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ

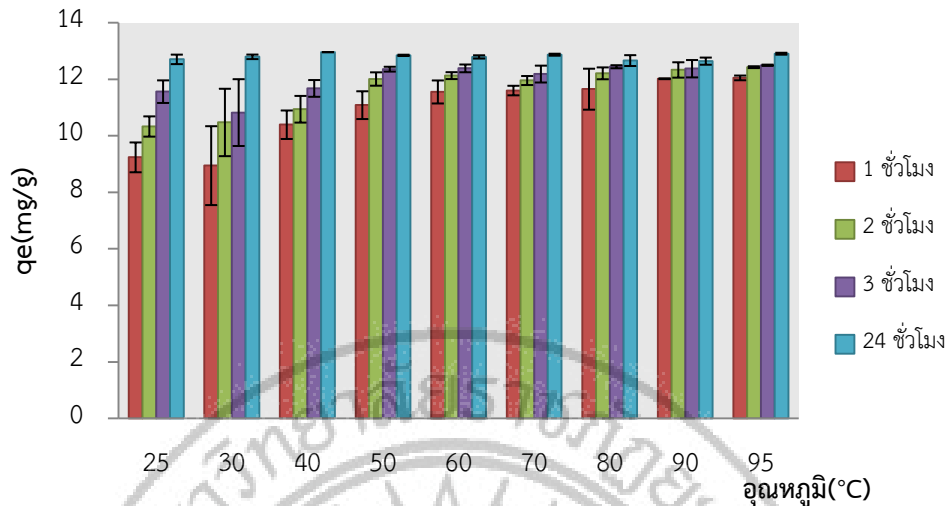
ในตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 4.7 แสดงถึงความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อม ความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล พบว่า เมื่อบ่มกากชาที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กากชามีความสามารถในการดูดซับอยู่ที่ 9.24 ± 0.52 และ 8.95 ± 1.29 mg/g ตามลำดับ เมื่อบ่มเป็นเวลานานขึ้นเป็น 2 ชั่วโมง กากชามีความสามารถดูดซับมากขึ้นเป็น 10.33 ± 0.36 และ 10.47 ± 1.19 mg/g ตามลำดับ และเมื่อบ่มจนกระทั่งครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L เพิ่มขึ้นเป็น 12.71 ± 0.17 และ 12.80 ± 0.08 mg/g ตามลำดับ

ขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นตั้งแต่ 50-95 °C พบว่า ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชา มีค่าตั้งแต่ 11-12 mg/g ในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อบ่มนานขึ้นเป็น 2 ชั่วโมง กากชามีความสามารถเพิ่มขึ้นเป็น 12 mg/g และเมื่อบ่มทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L มีค่ามากกว่า 12.6 mg/g

ตารางที่ 4.7 ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล

อุณหภูมิ(°C)	qe (mg/g)			
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
25	9.24 ± 0.52	10.33 ± 0.36	11.56 ± 0.39	12.71 ± 0.17
30	8.95 ± 1.29	10.47 ± 1.19	10.82 ± 1.18	12.80 ± 0.08
40	10.39 ± 0.50	10.94 ± 0.47	11.67 ± 0.29	12.96 ± 0.01
50	11.09 ± 0.49	12.01 ± 0.24	12.35 ± 0.09	12.85 ± 0.02
60	11.55 ± 0.41	12.13 ± 0.12	12.38 ± 0.14	12.79 ± 0.06
70	11.6 ± 0.17	11.96 ± 0.16	12.186 ± 0.29	12.87 ± 0.03
80	11.65 ± 0.72	12.21 ± 0.21	12.44 ± 0.05	12.66 ± 0.19
90	12.02 ± 0.01	12.33 ± 0.27	12.38 ± 0.31	12.64 ± 0.13
95	12.05 ± 0.08	12.43 ± 0.032	12.50 ± 0.02	12.91 ± 0.03

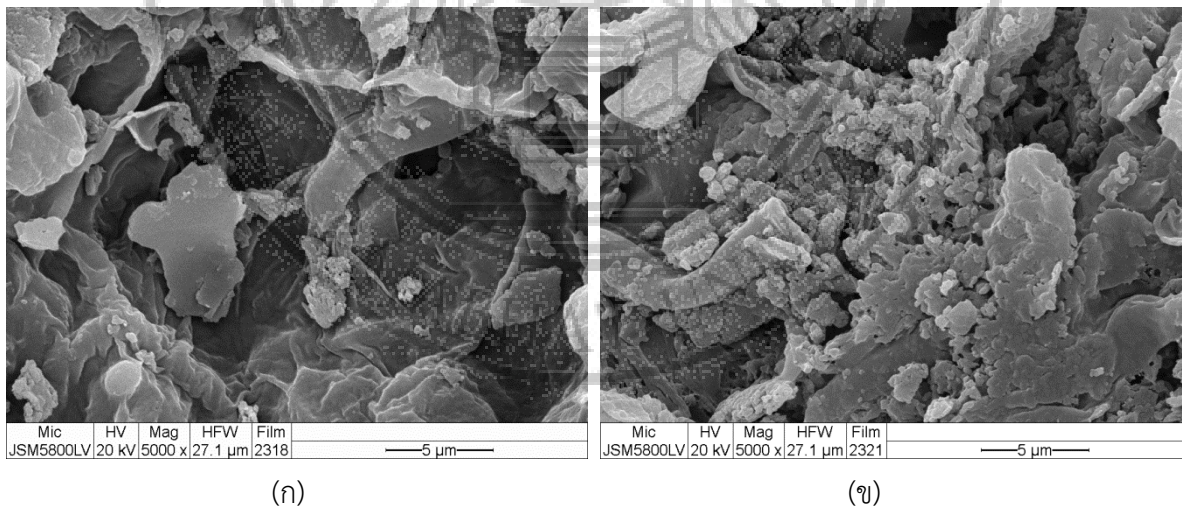
หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย 3 การทดลอง \pm SD



ภาพที่ 4.7 ความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล

4.6 ผลการศึกษารูปร่างของกากชาก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำกากชาที่ก่อนและหลังผ่านการดูดซับสีย้อมต่างๆ มาศึกษารูปร่างของพื้นผิว โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-5800LV, JEOL, Japan พบว่า กากชาก่อนการดูดซับมีลักษณะรูพรุนที่ค่อนข้างกว้าง แต่เมื่อผ่านการดูดซับสีย้อมแล้วนั้น รูพรุนมีขนาดที่เปลี่ยนไป คือ มีขนาดที่เล็กลง (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 รูปร่างพื้นผิวของกากชาที่ผ่านการวิเคราะห์ SEM โดยที่ (ก) กากชาก่อนการดูดซับ (ข) กากชาที่ผ่านการดูดซับสีย้อม

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการดูดซับสีย้อมโดยใช้กากชา ในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีย้อม

หลังจากนำสารละลายสีย้อมเมทิลินบลูสแกนหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการดูดกลืนแสงสูงสุด พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีย้อม เมทิลินบลู คือ 667 nm. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ B.H. Hameed (2009) เรื่อง การนำใบชาที่เหลือใช้เพื่อนำมาเป็นวัสดุทางเลือกในการดูดซับสีย้อม เมทิลินบลู พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีเมทิลินบลูสูงสุด คือ 668 nm.

5.2 ผลการศึกษาปริมาณกากชาต่อการดูดซับสีย้อม

กากชาปริมาณ 0.2 0.4 0.8 และ 1.6 g มีความสามารถในการดูดซับสีเมทิลินบลูที่มีความเข้มข้น 13 mg/L ได้มากกว่า 90 % ตั้งแต่ชั่วโมงแรก และเมื่อเพิ่มเวลาในการดูดซับขึ้นเรื่อยๆ จนครบ 24 ชั่วโมง กากชาที่ปริมาณต่างๆ สามารถดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้นเรื่อยๆ จนเกือบ 100 % ขณะที่ปริมาณกากชา 0.10 g มีความสามารถในการดูดซับน้อยที่สุดแต่อยู่ในเกณฑ์ดี คือ 79.10 % ในชั่วโมงแรกและดูดซับได้ 100 % เมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (เพชรวรรณ และ เฉลิม 2559) ที่ได้ทำการทดสอบการดูดซับสีเมทิลินบลูโดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้ง พบว่า เปลือกหน่อไม้มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเมทิลินบลูเท่ากับ 79.38, 85.57, 86.60, 88.66 และ 88.66 เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณตัวดูดซับที่ 0.10 0.15 0.20 0.25 และ 0.30 g ตามลำดับ ทั้งนี้ การเพิ่มปริมาณตัวดูดซับมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับสีเมทิลินบลูมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวของการดูดซับมีมากขึ้นและบริเวณที่เกิดการดูดซับมีสูงขึ้น โดยพื้นที่ผิวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของตัวดูดซับ (D.Ozer, 2007)

5.3 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ

ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้น 6.5 mg/L ของกากชาปริมาณ 0.1 g ที่เวลา 1 ชั่วโมง ความสามารถของกากชาในการดูดซับอยู่ที่ 89.28 ± 4.41 % และสามารถดูดซับได้ 100 % เมื่อครบ 3 ชั่วโมง ขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเป็น 13 และ 26 mg/L ในชั่วโมงแรก พบว่า กากชาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อม ได้ 77.30 ± 10.83 % และ 62.81 ± 7.82 % ตามลำดับ เมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นจนครบ 24 ชั่วโมง กากชาสามารถดูดซับสีย้อมได้มากกว่า 96 % ที่ความเข้มข้นของสีย้อมเท่ากับ 39 52 และ

65 mg/L นั้น ในช่วงเวลาที่ 1 2 และ 3 กากชาปริมาณ 0.1 g สามารถดูดซับสีย้อมได้เพียง 50-87 % แต่เมื่อบ่มทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับของกากชามากกว่า 92 % จากงานวิจัยของ (พชรวรรณ และ เฉลิม 2559) ที่ได้ทำการทดสอบการดูดซับสีเมทิลินบลูที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้งพบว่า เปลือกหน่อไม้แห้งปริมาณ 0.15 g สามารถดูดซับสีย้อมเมทิลินบลูที่ความเข้มข้น 5 10 50 100 150 และ 300 mg/L อยู่ที่ 1.37 1.95 9.97 23.84 29.24 และ 7.97 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก การเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลินบลู เป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลินบลูในสารละลายกับบริเวณผิวของกากชามีค่าเพิ่มสูงขึ้นจึงอาจเกิดแรงขับเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับสูงขึ้นด้วย .ขณะที่หากความเข้มข้นที่สูงมากเกินไปจะส่งผลให้ค่าความสามารถในการดูดซับลดลง

5.4 ผลการศึกษาความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (ค่า pH)

ทำการศึกษาความสามารถของกากชาปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ที่มี pH ต่างๆ กัน พบว่า เมื่อบ่มกากชากับสีย้อม เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ที่ pH 6-11 ความสามารถในการดูดซับของกากชามีค่าการดูดซับประมาณ 60 % 70 % และ 85 % ตามลำดับ และเมื่อตั้งทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชามีค่ามากกว่า 96 % และเมื่อนำมาหาค่าความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่ความเข้มข้น 13 mg/L ที่มี pH ต่างๆ ที่สภาวะสมดุล พบว่า ในเวลา 1 ชั่วโมง สีย้อมที่มีค่า pH 3 4 และ 5 ความสามารถของกากชาในการดูดซับสีย้อมอยู่ที่ 4.84 ± 0.83 4.51 ± 0.89 และ 6.15 ± 0.20 mg/g ตามลำดับ และเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง กากชาสามารถดูดซับสีย้อมได้ 10.75 ± 0.21 11.74 ± 0.13 และ 12.38 ± 0.12 mg/g ตามลำดับ ที่ pH ของสีย้อมเท่ากับ 6-11 กากชามีความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้มากกว่า 7.6 mg/g ตั้งแต่ชั่วโมงแรกและสามารถดูดซับได้มากกว่า 12.50 mg/g เมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง เนื่องจาก กากชามีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทิลินในสภาวะที่เป็นกลางและเบสสูงกว่าสภาวะที่เป็นกรด เนื่องจากรูพรุนของตัวดูดซับส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในการดูดซับสารออกจากสารละลาย ดังนั้น ค่าความเป็นกรดต่างของสารตัวทำละลายจะมีผลต่อการดูดซับของตัวดูดซับ และค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายอาจจะมีผลต่อการแตกตัวของไอออนของตัวถูกละลาย ถ้าสารละลายเป็นกรดจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับของตัวดูดซับลดลง เนื่องจากไฮโดรเจนไอออน (H^+) จะเกาะติดที่ผิวของตัวดูดซับได้ดีทำให้ตัวดูดซับมีรูพรุนน้อยลง

5.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ

นำกากชาปริมาณ 0.10 g บ่มกับสีย้อมที่มีความเข้มข้น 0.013 mg/L ที่อุณหภูมิ 25 30 40 50 60 70 80 90 และ 95 °C ที่เวลา 1 2 3 และ 24 ชั่วโมง พบว่า เมื่อบ่มกากชาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาอยู่ที่ 71.08 ± 4.06 และ 68.82 ± 10.73 ตามลำดับ ขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 40 50 และ 60 °C ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 79.95 ± 3.88 85.28 ± 3.78 และ 88.87 ± 3.13 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 70 80 90 และ 95 °C ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชาสูงขึ้นมากกว่า 90 % เมื่อบ่มเป็นเวลานานขึ้นจนครบ 24 ชั่วโมง กากชาสามารถดูดซับสีย้อมได้เกือบ 100 % ขณะเดียวกัน ที่อุณหภูมิมากกว่า 50 °C ความสามารถในการดูดซับกากชาเพิ่มขึ้นมากกว่า 90 % ตั้งแต่ในชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 เพิ่มขึ้นมากกว่า 95 % จน เมื่อครบ 24 ชั่วโมง กากชาที่มีความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้ประมาณ 98 % เมื่อศึกษาความสามารถของกากชา ปริมาณ 0.1 g ในการดูดซับสีย้อมความเข้มข้น 13 mg/L ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะสมดุล พบว่า เมื่อบ่มกากชาที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กากชาที่มีความสามารถในการดูดซับอยู่ที่ 9.24 ± 0.52 และ 8.95 ± 1.29 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นตั้งแต่ 50-95 °C พบว่า ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของกากชา มีค่าตั้งแต่ 11-12 mg/g ในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อบ่มนานขึ้นเป็น 2 ชั่วโมง กากชา มีความสามารถเพิ่มขึ้นเป็น 12 mg/g และเมื่อบ่มทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ความสามารถในการดูดซับสีย้อม ความเข้มข้น 13 mg/L มีค่ามากกว่า 12.6 mg/g เห็นได้ว่า ความสามารถในการดูดซับกากชาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้น เนื่องจาก การเพิ่มของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีความแตกต่างของความสามารถในการดูดซับของกากชา

5.6 ผลการศึกษารูปร่างของกากชา ก่อนและหลังการดูดซับโดยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำกากชาที่ก่อนและหลังผ่านการดูดซับสีย้อมต่างๆ มาศึกษารูปร่างของพื้นผิว โดยวิธี Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-5800LV, JEOL, Japan พบว่า กากชา ก่อนการดูดซับมีลักษณะรูพรุน ที่ค่อนข้างกว้าง แต่เมื่อผ่านการดูดซับสีย้อมแล้วนั้น รูพรุนมีขนาดที่เปลี่ยนไป คือ มีขนาดที่เล็กลง อาจเป็น เพราะโมเลกุลของสีย้อมได้เข้าไปอยู่ในรูพรุนของกากชาจึงเป็นสาเหตุที่รูพรุนมีขนาดเล็กลง 5.7

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบกำจัดสีเพียงชนิดเดียว คือ สี Methylene blue ในงานวิจัยต่อยอดจะนำสีย้อมชนิดอื่นๆ มาทดสอบความสามารถในการดูดซับสีย้อมจากกากชา รวมถึงการนำสีย้อมผ้าที่ใช้ในชุมชนมาทดสอบการกำจัดสีก่อนการปล่อยสู่ธรรมชาติต่อไป



บรรณานุกรม

- กัณษริย์ ศรีพงศ์พันธุ์ (2547). มลพิษทางน้ำ. (พิมพ์ครั้งที่ 3) กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร
- กัลยา ศรีสุวรรณ (2547). โมเดลการเกิดฟาวลิงของเมมเบรนสำหรับการกำจัดสีในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2546). ของเสียอันตราย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี
- จิรวาท เจตน์จันทร์ อรชี่รา เพ็ชรชัย พิลาณี ไฉนอมสัตย์ วราภรณ์ อภิวัฒน์ภิวัด ต่อพงศ์ กรีฑาชาติ และสาวิตรี จันทธานุรักษ์ (2552). การลดสีน้ำทิ้งที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบโดยเชื้อราเส้นใยสีขาว *Datronia* sp. KAPI0039. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (หน้า 236-244). กรุงเทพฯ
- จันทนา ไพรบูรณ์ ไศรดากรณ์ พิมลา มัทธรียา แหะเหยียบ และอนงค์ จิรภัทร์ (2555). การดูดซับสีย้อมเบสิกด้วยสาหร่ายสีเขียว *Spirogyra* sp. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
- ชื่นจิต ชาญชิตปรีชา (2542). การใช้สาหร่ายกำจัดสีและซีโอติในน้ำทิ้งจากโรงงานสุราที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- ชนกฤต พรหมทอง (2552). การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยน้ำหมักชีวภาพและเฟนตันรีเอเจนต์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- นิรมล ศากยวงศ์ และดุขยา จันทรเสาร์ (2556). การบำบัดสีรีแอกทีฟโดยแบคทีเรียที่แยกได้จากดินภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- ประรัชกรณ์ สาธิตคุณ (2545). การกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานสีออกโดยใช้ซีโอไลต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ปาริชาติ หมั่นสีทา (2547). การกำจัดสีและซีโอติจากน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัดบางส่วนโดยใช้กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยบุษ เหลืองโสวรรณ (2544). การบำบัดน้ำล้างสีย้อมจากกระบวนการฟอกย้อมโดยใช้เยื่อแผ่นนาโนฟิลเตรชัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีพามา พลอยสว่าง และภคมน จิตประเสริฐ (2551). อิทธิพลของสภาวะแวดล้อมและการกระตุ้นการเจริญต่อการกำจัดสีย้อมผ้าโดย *Lentinus polychrous* Lev. ที่ผ่านการทำแห้งแบบฟลูอิดซ์. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, (หน้า 270-277). กรุงเทพฯ

พรสวรรค์ อังศิริสวัสดิ และ เฉลิม เรื่องวิริยะชัย (2559). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้ง. The national and international Graduate Research Conference

พรสวรรค์ อัสวแสงรัตน์ วีระวัฒน์ คลอวุฒิมันตร์ (2553). การดูดซับสีย้อมด้วยตัวดูดซับจากธรรมชาติ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พิมล พันธุ์จันทา (2549). การกำจัดสีเบสด้วยกลไกการดูดซับทางชีวภาพ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ชนก เต็งเจริญ (2546). การกำจัดสีของน้ำทิ้งในการผลิตลิกนินโดยราไวต์รอต. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไพศาล วีรกิจ (2549). การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ หจก. นำอักษร การพิมพ์

ภัทร ศักดิ์เพชร (2549). การแยกเกลือในน้ำปลาด้วยกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มงคล ดำรงค์ศรี และต่อพงศ์ กริธาชาติ (2546). การลดสีจากน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วของโรงงานเยื่อและกระดาษโดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวตเต็ดคาร์บอน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์. (หน้า 261-268). กรุงเทพฯ

วนิดา ชูอักษร (2012). เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา: 181-191

วราภรณ์ กัลยาเลิศ (2540). การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยโอโซน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

วรารณณ์ อภิวัดนาภิวัด ต่อพงศ์ กรีธาชาติ และพิลาณไฉนอมสัตย์ (2550). การลดสีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษโดย โอโซนออกซิเดชัน. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (หน้า 825-834). กรุงเทพฯ.

วีรานุช หลาง ธนสิริ มีชัย และ วิชชุพร จันทร์ศรี (2551). ความสามารถในการกำจัดสีย้อมผ้าประเภทรีแอกทีฟของ *Burkholderia glumae*. *Environment and Natural Resources Journal*, 6: 66-81.

ศุภลักษณ์ อรรณพ (2552). ผลของการเติมอากาศแบบเป็นช่วงต่อระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรนสำหรับบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สรารุช ศรีคุณ. (2550). การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุนันทา เลาว์ณศิริ. (2544). จลนพลศาสตร์ทางชีววิทยาและการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ โดยถังปฏิกรณ์แผ่นกั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อม และวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ และ วีระนุช บุญรุ่ง (2553). การกำจัดสารอินทรีย์และสีด้วยกระบวนการเฟนตัน ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

สุดสายชล หอมทอง นเรศ เชื้อสุวรรณ และ สุภัณฑิต นิมิตรณ์ (2011). การกำจัดสีเมทิลเรดด้วยการดูดซับ/วิธีทางชีวภาพ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สุทธิณี นาควิทยา (2551). ออกซิเดชันสาร 2, 6-ไดเมทิลอะนิลีนโดยกระบวนการฟลูอิดไดซ์เบดเฟนตัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สันหัต ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2549). ระบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้การออกแบบการควบคุมและการแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด

โสภภาพรรณ รัตนพันธุ์ (2547). การบำบัดและกำจัดสีของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยเส้นใยเห็ด *Lentinus spp.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อรพิน โทนเดี่ยว. (2550). การบำบัดสังกะสีและทองแดงในน้ำเสียจากโรงงานผลิตโลหะโดยใช้กากชา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรภัค ชูทอง (2551). การบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้กระบวนการไฟฟ้าเคมี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต การจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อาทิตย์ อัครสุชี ศศิธร อินทร์นอก จิรายุส วรรัตน์โกศา และ ชนิดา กุประดิษฐ์ (2551). การใช้ดินแดงจากเหมืองแม่เมาะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหมือนเฟนต์ัน ชั้นดินวิวิธพันธุ์สำหรับการกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟเรดพี8บีและแอซิดบลู 5อาร์. คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

อุตร จารุรัตน์ จารุรัตน์ วรนิสรากุล และศักดิ์ชัย สุริยจันทร์ทอง (2542). วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล เล่ม 1. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ
 อรชรีรา เพ็ชรช้อย พิลาณี ไฉฉนอมสัตย์ วราภรณ์ อภิวัฒนาภิวัด จิรวาท เจตน์จันทร์ นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ ศวพร ศุภผล (2552). การย่อยสลายทางชีวภาพของสีย้อมรีแอคทีฟโดยเชื้อราเส้นใยสีขาว *Datronia* sp. KAPI0039. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 : สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (หน้า 245-252).

อังคณา ปัญญาอ่อน อนวัช พินิจศักดิ์กุล ศศิธร พุทธวงษ์ ศุภเกียรติ ศรีพนมธนากร และสร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ (2550). การกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟบลูโดยกระบวนการบำบัดทางไฟฟ้าเคมี สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Badawy M. I. & Ali M. E. M. (2006). Fenton Peroxidation and Coagulation Processes for treatment of combined industrial and domestic wastewater. *Hazardous Materials*, 136, 961-966.

B.H. Hameed, A.T.M. Din, A.L. Ahmad. (2007). Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies, *J. Hazard. Mater*, 141, 819-825.

B.H. Hameed. (2009). Spent tea leaves: A new non-conventional and low-cost adsorbent for removal of basic dye from aqueous solutions. *J. Hazard. Mater*, 161, 753-759.

Cantos E., Espin J. C. & Tomas-Barberan F. A. (2002). Postharvest stilbene-enrichment of red and white table grape varieties using UV-C irradiation pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6322-6329.

- Chen, B-Y. (2002). Understanding decolorization characteristics of reactive azo dyes by *Pseudomonas luteola*: toxicity and kinetics. *Process Biochemistry*, 38, 437-446.
- Debendra K. Sahoo & Rimpay G. (2005). Evaluation of ligninolytic microorganisms for efficient decolorization of a small pulp and paper mill effluent. *Process Biochemistry*, 40, 1573-1578.
- Dilek F. B., Taplamacioglu H. M. & Tarlan E. (1999). Colour and AOX removal from pulping effluents by algae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 52, 585-591.
- Duygu Ozsoy H. & Van Leeuwen J. (2010). Removal of Color from Fruit Candy Waste by Activated Carbon Adsorption. *Journal of Food Engineering*, 101, 106-112.
- George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, & David Stensel H. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th ed. Boston, McGraw-Hill c2003.
- Koichi H., Yoshio W. & Kazunori N. (2003). Decolorization of Azo Dye by the White-Rot Basidiomycete *Phanerochaete sordida* and by Its Manganese Peroxidase. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 95(5), 455-459.
- Lakshmi (2004). ศึกษาการกำจัดสารเมทิลีนบลูในน้ำ โดยอาศัยกระบวนการโฟโตแคตตาไลติกใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวแคตาลีสต์. [ออนไลน์] สืบค้นจาก www.chiangmai.ac.th/emac/journal, 15/10/2010
- Leontievsky A., Myasoedova N., Baskunov B., Golovleva L., Bucke C. & Evans C. (2001). Transformation of 2,4,6-trichlorophenol by free and immobilized fungal laccase. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57, 85-91.
- Lim J. D., Yu C. Y., Kim M. J., Yun S. J., Lee S. J., Kim N. Y. & Chung, I. M., (2004). Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medical plants. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 12, 191-202.
- Marco S. Lucas, Carla Amaral, Ana Sampaio, José A. Peres & Albino A. Dias. (2006). Biodegradation of the diazo dye Reactive Black 5 by a wild isolate of *Candida oleophila*. *Enzyme and Microbial Technology*, 39, 51-55.
- O'Neill, C., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L., Lourenco, N.D., Pinheiro, H.M. & Delee, W. (1999). Color in textile effluents sources, measurement, discharge consents and simulation: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 74, 1009-1018.

- Ozer, D., Dursum, G., and Ozer, A. methylene blue adsorption from aqueous solution by dehydrated peanut hull. *Journal of Hazardous Materials* 2007; 144: 171-179.
- Pagga, U. & Brown, D. (1986). The degradation of dyestuffs. Part II. Behaviour of dyestuffs in aerobic biodegradation test. *Chemosphere*, 15, 479-491.
- Rajaguru, P., K. Kalaiselvi, M. Palanivel & Subburam V. (2000). Biodegradation of azo dyes in a sequential anaerobic-aerobic system. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, 268-273.
- Reife, A. & Freeman, H.S. (1996). *Environmental chemistry of dyes and pigment*. John Wiley & Sons, New York.
- Rice R. G., Miller G. W., Robson C. M. & Hill A. G. (1980). Ozone Utilization in Europe. In. *AIChE Symposium Series, Ozone Institute, Toronto*, 117-134.
- Roop, C. B. & Meenakshi G. (2005). *Activated Carbon Adsorption*. CRC Press.
- Ruey-Fang Y., Ho-Wen C., Wen-Po C. & Peng-Han H. (2009). Dosage Control of the Fenton Process for Color Removal of Textile Wastewater Applying ORP Monitoring and Artificial Neural Networks. *Journal of Environmental Engineering*, 135, 325-332.
- Sarasa, J. R., M. P., Ormad, M. P., Gimeno, E., Puig, A. & Ovelleiro, J. L. (1998). Treatment of a wastewater resulting from dyes manufacturing with ozone and chemical coagulation. *Water Research*, 32 (9), 2721-2727.
- Shaul, G.M., Holdsworth, T.J., Dempsey, C.R. & Dostal, K.A. (1991). Fate of water soluble azo dyes in the activated sludge process. *Chemosphere*, 22, 107-119.
- Van der Horst H.C., Timmer J. M. K., Robbertsen T. & Leenders J. (1995). Use of nanofiltration for concentration and demineralization in the dairy industry: Model for mass transport. *Journal of Membrane Science*, 104, 205-218.
- Umbuzeiro G.A., Freeman H.S., Warren S.H., Oliveira D.P., Terao Y., Watanabe T. & Claxton L.D. (2005). The contribution of azo dyes to the mutagenic activity of the Cristais River. *Chemosphere*, 60, 55-64.
- Yacubowicz H. & Yacubowicz J. (2005). Nanofiltration: Properties nano and uses. *Filtration + Separation*, 42, 16-21.

- Yang D. & James D. E. (2006). Treatment of landfill leachate by the Fenton process. *Water Research*, 40, 3683-3694.
- Yasar A., Ugur K. & Talha G. (2007). Comparison of classical chemical and electrochemical processes for treating rose processing wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 148, 340-345.
- Yuzhu F. & Viraraghavan T. (2001). Fungal decolorization of dye wastewaters: a review. *Bioresource Technology*, 79, 251-262.
- Zoolinger, H. (1987). *Color chemistry-syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments*. VCH, New York.



ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวนิสาพร มุหะมัด
ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Nisaporn Muhamad
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน	1-9599-0010-15-9
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
ที่อยู่	4 ถ.ผังเมือง 4 ซ.แสนสุข ต.สะเตง อ.เมือง จ. ยะลา 95000
โทรศัพท์	081-3883515
อีเมลล์	ss4420171@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- 2548 ปริญญาตรี (วท.บ. วิทยาศาสตร์ทั่วไป (เคมี-ชีววิทยา)) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต
หาดใหญ่ จ.สงขลา
- 2551 ปริญญาโท (วท.ม. ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา
- 2556 ปริญญาเอก (ปร.ด. ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

ผลงานวิจัย

- 2551 การสะสมของเอนไซม์ฟีนอลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและ
สารประกอบฟีนอลิกในยางพาราหลังติดเชื้อรา
- 2556 เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในยางพารา
- 2557 ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดค้ำแสด

รางวัลผลงานวิจัย

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ในเซลล์แขวนลอยยางพารา ได้รับรางวัลการนำเสนองานวิจัยแบบโปสเตอร์ใน
ระดับดีเด่น จากงานประชุมวิชาการ TSB 2010 International Conference on Botechnology for
Healthy Living ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล(ภาษาไทย)	นายสมภพ เกาทอง
ชื่อ-นามสกุล(ภาษาอังกฤษ)	Mr. Somphop Paothong
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน	3-9599-00067-9-12
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงาน	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
โทรศัพท์	(073) 266928 โทรสาร (073) 266929
อีเมลล์	somphop.p@hotmail.co.th

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี (กศ.บ. เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปริญญาโท (วท.ม. เคมีศึกษา) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ประวัติการศึกษา

- 2551 สารสกัดค่าแอสเตและผลต่อสีไข่แดงนกกกระทา
2553 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาหลา
2553 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดฟาง
2554 การวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในดอกดาหลา
2555 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์
2557ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดค่าแอสเต
2558 การศึกษาสมบัติจากสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินและการนำไปใช้ประโยชน์

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวอุบล ต้นสม
ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Ubol Tansom
เลขที่บัตรประชาชน	5-8099-00018-0-64
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
โทรศัพท์	(073) 299628 โทรสาร (073) 299629
อีเมลล์	ubolma@gmail.com , ubol.t@yru.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี (กศ.บ. เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้

ปริญญาโท (วท.ม. ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

ผลงานวิจัย

- 2541 การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมีของเลคตินจากเมล็ดจำปาตะ
- 2550 ผลของสารสกัดหยาบเมล็ดคำแสดต่อคุณภาพไข่และชากนกระทากูญี่ปุ่น
- 2551 สารสกัดคำแสดและผลต่อสีไข่แดงนกระทากู
- 2553 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาหลา
- 2553 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรมและเห็ดฟาง
- 2554 การวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในดอกดาหลา
- 2555 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์
- 2557 ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดคำแสด

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวปิยศิริ สุนทรนนท์
ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Piyasiri Soontornnon
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน	3-9203-00479-04-9
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
ที่อยู่	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
โทรศัพท์	084-0654076
อีเมลล์	babysoontornnon@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- 2546 ปริญญาตรี (วท.บ.เคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จ.สงขลา
 2551 ปริญญาโท (วท.ม. ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จ.สงขลา

ผลงานวิจัย

- 2551 สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา
 2553 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกดาหลา
 2554 การวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในดอกดาหลา
 2555 การวิเคราะห์ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระจากผลพลึงกาสา
 2556 การผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษผักผลไม้
 2557 ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเมล็ดคำแสด

รางวัลผลงานวิจัย

สารต้านอนุมูลอิสระในพืชและผลไม้พื้นบ้าน ได้รับรางวัลการนำเสนองานวิจัยแบบโปสเตอร์ในระดับดีเด่น
 จากงานประชุมวิชาการ ณ มหาวิทยาลัยมหิดล ประจำปี 2550

ประชุมวิชาการ

การผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษผักผลไม้ เวทีถักนกรองโครงการวิจัย ณ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ประจำปี 2556